

Abschlußbericht

über die Fördermaßnahme der **Deutschen Bundesstiftung Umwelt** für das
Projekt:

AZ 16356 / Referat 23

**Installation und erstmalige Demonstration einer Mikro- und
Nanofiltrationsanlage zur Aufbereitung und Nutzung von
Brauch- und Regenwasser in einer Wäscherei mit
wissenschaftlicher Begleitung**

in der Firma

**ITEX Gaebler-Industrie-Textilpflege-GmbH & Co. KG
Elgendorfer Straße 51
56410 Montabaur**

13. Juli 2001

<u>VORWORT</u>	3
<u>KURZFASSUNG</u>	4
ZIELSETZUNG UND ANLASS DES VORHABENS:	4
SITUATION BEI ITEX GAEBLER VOR DEM BAU DER ANLAGE:	4
ANLAGENKONZEPT ZU BEGINN DER INBETRIEBNAHME:	5
LEISTUNG DER ANLAGE:	6
REINIGUNGSLEISTUNG:	6
SCHADSTOFFE:	6
WASSERBILANZ:	7
QUALITÄTSSICHERUNG AM REINWASSER BZW. PERMEAT:	7
ENERGIE:	8
<u>WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG DES FORSCHUNGSINSTITUTES</u>	
<u>FGK</u>	9
FORSCHUNGSBERICHT / ANLAGE	9

Vorwort

Die nachfolgende Projektdokumentation gliedert sich in eine Kurzfassung zum Projektverlauf als Überblick für den schnellen Leser und den gebundenen **Bericht 25/3541/01** (Anlage) vom 28. Juni 2001 „**Wissenschaftliche Begleitung der Inbetriebnahme einer Membrantrennanlage zur Schließung des Wasserkreislaufs in einer Wäscherei**“ des Forschungsinstituts für anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik – GmbH (FGK), Heinrich-Meister-Straße 2 in 56203 Höhr-Grenzhausen.

Aus den vorgenannten Berichten wird der innovative Charakter des Umweltprojektes für die Bewertung der Fördermaßnahme ausführlich beschrieben und mittels aussagefähiger Grafiken und Anlagenschemata besonders verdeutlicht. Darüber hinaus werden Projektverlauf sowie für das Vorhaben besonders förderliche oder hemmende Umstände berücksichtigt.

Der Forschungsbericht vergleicht und bewertet erstmals, nach Abschluß der Projektarbeit im Sinne der Projektförderung (Zeitpunkt Juni 2001), die Ergebnisse mit den ursprünglichen Zielen und macht Aussagen über weiterführende Möglichkeiten zur Umsetzung und Anwendung bei der zukünftigen Anlagenoptimierung.

Kurzfassung

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens:

Die Verbräuche an Wasser, Waschmittel und Energie in unserer Wäscherei sollen bei höchster Qualität unseres Waschgutes minimiert werden.

Der jährliche Verbrauch von ca. 37.000 m³ Frischwasser soll dabei bis zu ca. 80 % verringert werden. Zusätzlich sollen ca. 15 % der verwendeten Waschmittel eingespart werden.

Grundidee zur Erreichung dieser Ziele ist die Nutzung großer Regenwassermengen als Frischwasserersatz und die Wiederaufbereitung des Brauchwassers (Filtrierung) in einem intelligenten Kreislaufsystem mit wenig Abwasser und Schadstofffracht.

Durch die Vorhaltung des Regenwassers in großen Erdtanks und mehrere Speichertanks für die Aufbereitung des Brauchwassers erhoffen wir, wegen der enthaltenen Wärmemengen in diesen Wässern, einen merklichen Rückgang unserer primären Heizenergie (Strom und Heizöl).

Situation bei Itex Gaebler vor dem Bau der Anlage:

Vor Projektbeginn fand keine Wasserbehandlung statt. Die Abwasserteilströme wurden im Keller gesammelt und von dort zum Hauptkontrollschacht gepumpt; von dort flossen sie im Überlauf in den Kanal. Gelegentlich wurde das jeweils letzte Spülwasser einer Wäsche für den ersten Spülvorgang einer anderen Wäsche wiederverwendet oder das Waschwasser einer Wäsche für die Vorwäsche einer weiteren Wäsche eingesetzt (diskontinuierlich).

In Technikumsversuchen der Fa. Kunze Wassertechnik zur Reinigung des bei Fa. **ITEX Gaebler**, Montabaur anfallenden Schmutzwassers aus den Wasch- und Spülvorgängen von Berufsbekleidung, Fußmatten und Flachwäsche mittels Membrantrenntechnik hatte sich gezeigt, dass die Reinigung des Wassers mit diesen Verfahren effektiv möglich ist. Aus den Versuchsergebnissen resultierend wurde ein Konzept zur Abwasserbehandlung geplant, das die Kreislaufführung sämtlicher Prozesswässer zum Ziel hatte.

Anlagenkonzept zu Beginn der Inbetriebnahme:

Nach Installation wurde die Anlage im März 2000 von Fa. Kunze in Betrieb genommen und Mitarbeiter von Itex Gaebler in die Bedienung eingewiesen.

Ergänzungen zur Anlagenoptimierung durch Itex Gaebler im Zeitraum von Mai 2000 bis Mai 2001:

Es zeigte sich nach wenigen Betriebstagen, dass Optimierungen erforderlich sein würden, da die Leistung aller Module deutlich unter die vorgesehenen Sollwerte sank, die beim Start der Anlage erreicht worden waren. Hierzu wurde eine Reihe von zusätzlichen Aggregaten zur Vorreinigung der Wässer installiert. Während dieser Zeit wurde das **FGK** regelmäßig telefonisch über den Stand der Dinge unterrichtet.

Im Einzelnen traten einige Probleme auf, die durch zusätzliche Anlagenteile zwischen März 2000 und Februar 2001 nach und nach behoben wurden. Außerdem wurden bzgl. der Wasserführung einige Änderungen vorgenommen, um die verschiedenen Wasserströme optimal nutzen zu können.

Diese Änderungen bzw. Anlagenergänzungen sind im Forschungsbericht der **FGK** unter gleicher Überschrift in den folgenden Unterpunkten detailliert beschrieben (Ergänzungen zur Vorreinigung, Optimierung an den Modulen, Optimierung der Spülmethode, Sonstige Änderungen, etc.).

Stellvertretend für diese vielfältigen Probleme bei der Anlagenoptimierung sei hier aus dem Komplex „Sonstige Änderungen“ folgendes genannt:

Mitte März 2000 zeigte sich kurz nach Inbetriebnahme der Anlage, dass für deren Betrieb mehr Strom erforderlich sein würde als zunächst erwartet. Hierfür wurde eine neue Trafostation angeschafft, die am 19.5.00 in Betrieb genommen wurde.

Beurteilung der Anlage nach Abschluss aller Änderungs- und Ergänzungsarbeiten (kontinuierlicher Betrieb seit 02/01; ITEX Gaebler mit FGK)

Leistung der Anlage:

Die Anlage wurde nach Beendigung aller beschriebenen Optimierungsschritte im Januar / Februar 2001 erneut in Betrieb genommen. Die Leistung der neuen Module ist bis zum Zeitpunkt der Berichterstattung zufriedenstellend:

Reinigungsleistung:

Nach umfassender Optimierung der Anlage ist die Leistung der Anlage kontinuierlich und mit Hilfe der angepassten Sonderspülmethodik sehr zufriedenstellend. Die Vorreinigung von Schmutzwässern vor dem Passieren von Membrantrennanlagen wird von vielen Anlagenherstellern bei Angebotserstellung vernachlässigt; Nachrüstung wie im vorliegenden Fall ist die Folge, die für den Anlagenbetreiber mit zusätzlichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Ebenso wird von Anlagenherstellern häufig der Vorversuchsphase zu wenig Bedeutung zugemessen; es sollte bei neuen Anlagenkonzepten darauf geachtet werden, dass ausführliche Versuche an Versuchsanlagen mit Prozesswässern über mehrere Wochen im Betrieb durchgeführt werden. Nur dann kann die Eignung der Module im Bezug auf die Prozesswasserinhaltsstoffe sicher festgestellt werden. Geeignete Reinigungsprozesse können dann ebenfalls bereits im Vorfeld ermittelt werden, sodass der Firma weitere Kosten wegen notwendiger nachträglicher Optimierungsschritte erspart bleiben könnte. Dieses Problem ist jedoch nicht Aufgabe der Anlagenbetreiber, sondern der Anlagenhersteller und kann nicht generell gelöst werden.

Schadstoffe:

Ein Aufkonzentrieren von Schadstoffen aufgrund der verringerten Abwassermenge ist nicht festzustellen. Dies ist mit der Reinigung durch die Membrantrenntechnik begründbar. Die AOX-Zunahme ist nicht auf das Aufkonzentrieren durch Kreislaufführung, sondern auf den erhöhten Einsatz von Chlorbleichlauge zurückzuführen. Als Alternative wird UV-Entkeimung vorgeschlagen.

Wasserbilanz:

Um verlässliche Aussagen über die aus der Kreislaufführung resultierende Recyclingquote zu ermöglichen, ist außer der Frischwassermenge die Erfassung folgender Daten mit Wasseruhren Voraussetzung:

- Abwasser- / Schlammmenge
- Regenwassermenge
- Menge an bei der Wäschetrocknung verdampftem Wasser

Anhand des Frischwasserverbrauchs in regenreichen und regenarmen Zeiten kann jedoch heute schon gesagt werden, dass der Wasserverbrauch um etwa 2 / 3 reduziert wurde. Demnach ist ebenfalls die Abwassermenge deutlich gesunken.

Über eine Rückgewinnung des bei der Wäschetrocknung verdampften Wassers wurde diskutiert. Nach Berechnung der entsprechenden rückgewinnbaren Wassermenge zeigte sich jedoch, dass dies wirtschaftlich nicht vertretbar ist: etwa 350 g Wasser pro 1 kg Wäsche werden verdampft. Bei einer durchschnittlichen Wäschemenge von 1.500 t/a entspräche dies einer rückgewinnbaren Wassermenge von 525 m³ pro Jahr. Unser bisheriger Wasserverbrauch liegt in der Größenordnung 37.000 m³ / a und wird durch die neue Anlage wahrscheinlich auf die Hälfte gesenkt. Bei einem künftig zu erwartenden durchschnittlichen Wasserverbrauch von ca. 18.500 m³ / a sind das rein rechnerisch lediglich ca. 2,84 % Wassereinsparung. Die Anschaffung und das Betreiben einer Rückgewinnungsanlage wäre höchst unwirtschaftlich.

Qualitätssicherung am Reinwasser bzw. Permeat:

Als realitätsnaher Weg zur Beurteilung der Waschqualität bei Kreislaufführung der Prozesswässer wird die regelmäßige Überprüfung von Teststreifen gemäß DIN 5033 durchgeführt. Die Messung von Leitparametern wie pH-Wert, Leitfähigkeit oder von Tensidrestgehalten im gereinigten Wasser hat sich als unsicher im Bezug auf die Übertragung der Messwerte auf das Waschergebnis herausgestellt, da diese Parameter durch weitere Eigenschaften außer dem Waschmittelrestgehalt beeinflusst werden. Die Überprüfung von Teststreifen wird von ITEX Gaebler derzeit weiter verfolgt, um Erfahrungen zur Aussagekraft der Methode zu sammeln.

Energie:

- Wegen des Mehrverbrauchs durch die Anlage konnten die Stromkosten von vorher 16-18 Pfennig / kWh auf 8 Pf / kWh gesenkt werden; die Grundgebühr wird jedoch erhöht. Insgesamt ist damit zu rechnen, dass die Stromkosten etwa konstant bleiben. Eine Kraft-Wärme-Kopplung wäre zwar interessant, ist derzeit jedoch nicht wirtschaftlich.
- Eine Energieersparnis durch das Recycling erfolgt bereits dadurch, dass die gereinigten Wasser bei Temperaturen zwischen 30 und 40 ° C eingesetzt werden können. Dies macht sich im verringerten Ölverbrauch bemerkbar (von ca. 0,17 auf 0,13 Liter Öl pro Kilogramm Wäsche).
- Die Wärmeenergie des bei der Trocknung verdampften Wassers könnte theoretisch zurückgewonnen werden; wegen der vergleichsweise geringen Menge an verdampftem Wasser ist dies wie bei der Rückgewinnung des verdampften Wassers wahrscheinlich unwirtschaftlich.
- An der Wasserreinigungsanlage entsteht Prozesswärme, die derzeit über einen Entlüftungsventilator mit ca. 2000 m³ / h und einer Durchschnittstemperatur von 35 °C an die Umwelt abgegeben wird (Raumgröße: 300 m³). Mit einem Wärmerücktauscher könnte diese Energie z. B. für die Wäschetrocknung genutzt werden.

Fa Itex Gaebler ist mit dem bisher erreichten Ausmaß an wiederverwendetem Permeat im Vergleich zu anderen Wäschereien führend (Wasserverbrauch bei 5-8 l / kg gewaschener Ware). Dies ist vor allem auf die Qualität des nanofiltrierten Permeats zurückzuführen.

Die Verringerung der einzusetzenden Waschmittelmenge aufgrund der Wiederverwertung ist ein weiterer Aspekt, der in Zukunft von Itex Gaebler noch weiter optimiert wird.

Wissenschaftliche Begleitung des Forschungsinstitutes FGK

Forschungsbericht / Anlage:

Bericht 25/3541/01 (Anlage) vom 28. Juni 2001 „**Wissenschaftliche Begleitung der Inbetriebnahme einer Membrantrennanlage zur Schließung des Wasserkreislaufs in einer Wäscherei**“ des Forschungsinstituts für anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik – GmbH, Heinrich-Meister-Straße 2, 56203 Höhr-Grenzhausen



Nach DIN EN 45001 durch die
DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH
akkreditiertes Prüflaboratorium



Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren

DAP-P-01.491-00-91-00

Bericht

25/3541/01

über die

**wissenschaftliche Begleitung
der Inbetriebnahme einer Membrantrennanlage
zur Schließung des Wasserkreislaufs
in einer Wäscherei**

für

**ITEX Gaebler-Industrie-Textilpflege-GmbH
Elegendorfer Straße 51
56410 Montabaur**

vorgelegt von

**Forschungsinstitut für anorganische Werkstoffe
- Glas/Keramik - GmbH
Heinrich-Meister-Straße 2
56203 Höhr-Grenzhausen**

28. Juni 2001

Inhalt	Seite
1. Situation vor dem Bau der Anlage	2
2. Vorversuche und Anlagenplanung	5
3. Inbetriebnahme; wissenschaftliche Begleitung durch FGK	9
3.1 Anlagenkonzept zu Beginn der Inbetriebnahme	10
3.2 Analytik zur Beurteilung der Reinigungsleistung	11
4. Ergänzungen zur Anlagenoptimierung durch ITEX Gaebler im Zeitraum von Mai 2000 bis Mai 2001	14
5. Beurteilung der Anlage nach Abschluss aller Änderungs- und Ergänzungsarbeiten (kontinuierlicher Betrieb seit 02/01) (ITEX Gaebler mit FGK)	18
6. Zusammenfassung/Ausblick	35
7. Schlusswort	37

Anhang

1. Situation bei Itex Gaebler vor dem Bau der Anlage

In Technikumsversuchen der Fa. Kunze Wassertechnik zur Reinigung des bei Fa. ITEX Gaebler, Montabaur anfallenden Schmutzwassers aus den Wasch- und Spülvorgängen von Berufsbekleidung, Fußmatten und Flachwäsche mittels Membrantrenntechnik hatte sich gezeigt, dass die Reinigung des Wassers mit diesen Verfahren effektiv möglich ist. Aus den Versuchsergebnissen resultierend wurde ein Konzept zur Abwasserbehandlung geplant, das die Kreislaufführung sämtlicher Prozesswässer zum Ziel hatte.

Aufgabe des FGK war die wissenschaftliche Begleitung während der Inbetriebnahme. Hierbei sollten Wirkungsweise, Störanfälligkeit und einzuhaltende Toleranzwerte für die Verwertung der Permeate in der Wäscherei überprüft werden. Für den Fall, dass Wasser eingeleitet werden muss, sollte die Einhaltung der Grenzwerte für Prozesswässer aus Wäschereien gemäß Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift, Anhang 55 vom 1.1.99 überprüft werden.

:

Für die Weißwäsche existieren diskontinuierlich arbeitende Waschschleudermaschinen (1x200 kg, 1x135 kg, 2x100 kg, 1x 70 kg, 3x30 kg, 1x6 kg); für die Buntwäsche eine Waschstraße, die im Gegenstromprinzip arbeitet. Es wurde geplant, in der Waschstraße im Rahmen des Anlagenbaus für die Abwasserreinigung eine Kammer abzutrennen, um für die Vorwäsche das Waschwasser aus der Weißwäsche verwenden zu können.

Vor Projektbeginn fand keine Wasserbehandlung statt. Die Abwasserteilströme wurden im Keller gesammelt und von dort zum Hauptkontrollschacht gepumpt; von dort flossen sie im Überlauf in den Kanal. Gelegentlich wurde das jeweils letzte Spülwasser einer Wäsche für den ersten Spülvorgang einer anderen Wäsche wiederverwendet oder das Waschwasser einer Wäsche für die Vorwäsche einer weiteren Wäsche eingesetzt (diskontinuierlich).

Über die Wassermengen existierten keine Angaben. Seitens FGK wurde angefragt, im Rahmen des Anlagenbaus an den entsprechenden Stellen Wasseruhren anzubringen.

Die Kosten für Wasser betragen 1,85 DM für Frischwasser und 2,35 DM für Abwasser (pro m³). Durch Einführung eines Wasserkreislaufs wurde mit einer Einsparung von 80 % Frischwasser gerechnet.

Vom FGK wurden im Rahmen der Eigenüberwachung regelmäßig Proben untersucht. Diese wurden durch den Auftraggeber im Hauptkontrollschacht (= gesamte Schmutzwässer) sowie im Kontrollschacht/Übergabe (= Überlauf aus Hauptkontrollschacht) beim Weg in die öffentliche Kanalisation jeweils als Stichprobe entnommen. Es handelt sich um das gesamte anfallende Abwasser (Weiß- und Blauwäsche, jeweils Wasch- und Spülwässer sowie sanitäre Abwässer). Es wurden alle 4 Wochen die Parameter AOX, Kohlenwasserstoffe, Phosphor und der pH-Wert kontrolliert; sowie alle 3 Monate die Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink.

Über den Verbleib des Konzentrates/Schlammes nach MF bzw. NF sollte entschieden werden, wenn die Aufkonzentrierung der Schadstoffe aufgrund der Kreislaufführung abgeschlossen und bekannt sein würde, um die möglichen Entsorgungs-/Verwertungswege ermitteln zu können. Die Methodik der weiteren Entwässerung (z. B. über Kammerfilterpresse) sollte ggf. mit Fa. Kunze gemeinsam festgelegt werden.

Zur Qualitätssicherung des Recyclingwassers wurde eine Tensidmessung vor und nach Nanofiltration diskutiert, da die Tenside, die nicht durch die NF zurückgehalten werden, beim Recycling im Waschwasser wiederverwendet werden könnten.

FGK informierte über übliche Mechanismen des Zusetzens von Modulen über Biofilme, welche vor allem aus Ausscheidungsprodukten von Mikroorganismen stammen. Diese sind nicht zu vermeiden, da Mikroorganismen entstehen, sobald organische Nahrung zur Verfügung steht. Diese Filme zu entfernen, kann durch geeignete Rückspülung mit Permeat gelingen; es kann aber auch sein, dass ein Spülmittel (z. B. Zitronensäure) zugesetzt werden muss. Ein Leistungsabfall der Module aufgrund dieses sog. „Biofoulings“ ist meist nicht zu vermeiden; bei der Auslegung der Anlagen muss dies berücksichtigt werden. Hygiene-Probleme wegen Verkeimung sind wegen der beim Trocknen auftretenden Temperaturen nicht zu erwarten; Viren wegen der eingesetzten diesbezüglich nicht kritischen

Wäsche ebenfalls nicht. Die Überprüfung dieser Parameter wird durch ein externes Prüfinstitut durchgeführt.

2. Vorversuche und Anlagenplanung

Die Reduzierung der Parameter AOX, Kohlenwasserstoffe, Blei und Kupfer durch die geplante Mikrofiltration (Weißwäsche und Blauwäsche) und Nanofiltration (Buntwäsche) wurde in den von Fa. Kunze ausgeführten Vorversuchen anhand einer Probe nachgewiesen. Diese ist naturgemäß nach Nanofiltration weitaus deutlicher als nach Mikrofiltration. In Tab. 1 und Abb. 1 sind die Messwerte vor und nach Mikrofiltration und Nanofiltration dargestellt:

Tab. 1: Messergebnisse der Vorversuche von Fa. Kunze (ca. 1 m³ Prozesswasser; Probenahme am 3.11.95); Zuordnungswerte gemäß Abwasserverordnung (AbwV), Anhang 55 (Wäschereien):

Zuordn.wert lt. AbwV	Parameter	Rohwasser	Permeat NF	Permeat MF
2	AOX (mg/l)	8,32	0,05	0,18
20	KW (mg/l)	10,6	< 0,05	0,55
0,5	Cu ges. (mg/l)	1,45	0,01	0,37
0,5	Pb (mg/l)	2,6	< 0,01	0,23
2	Zn ges. (mg/l)	8,65	0,002	1,31

Abwasseranalytik Itex Gabler vor der Planung von Membrantrennanlagen

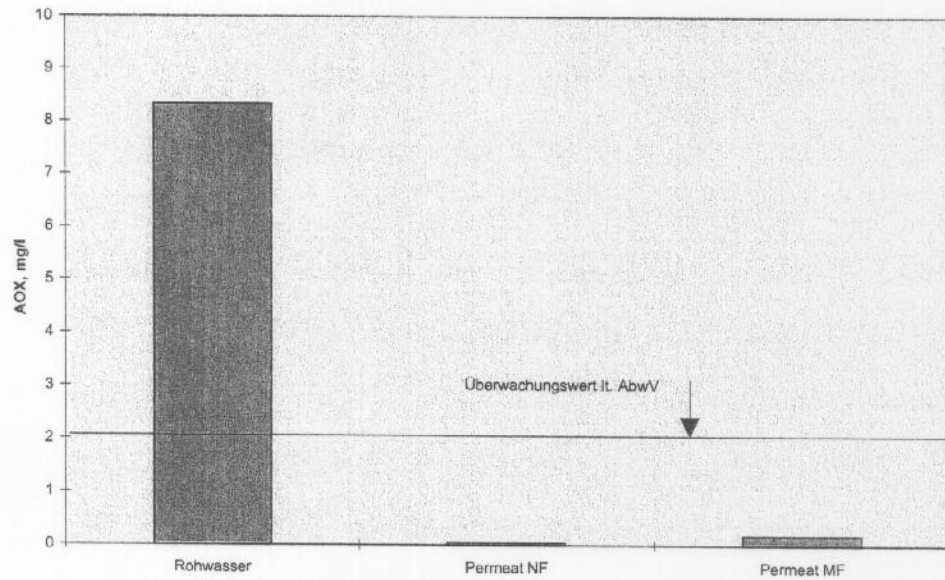


Abb. 1a: AOX

Abwasseranalytik Itex Gabler vor der Planung von Membrantrennanlagen

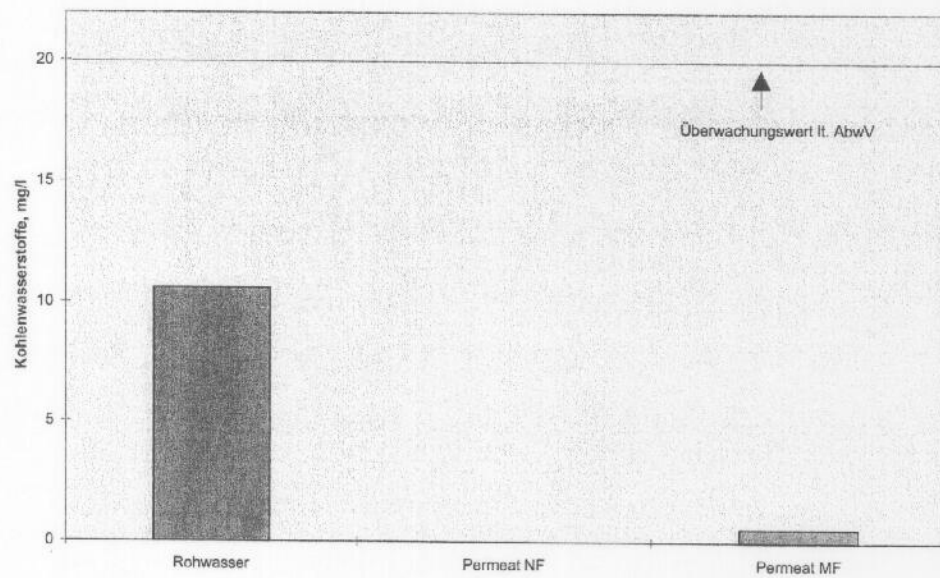


Abb. 1 b: Kohlenwasserstoffe

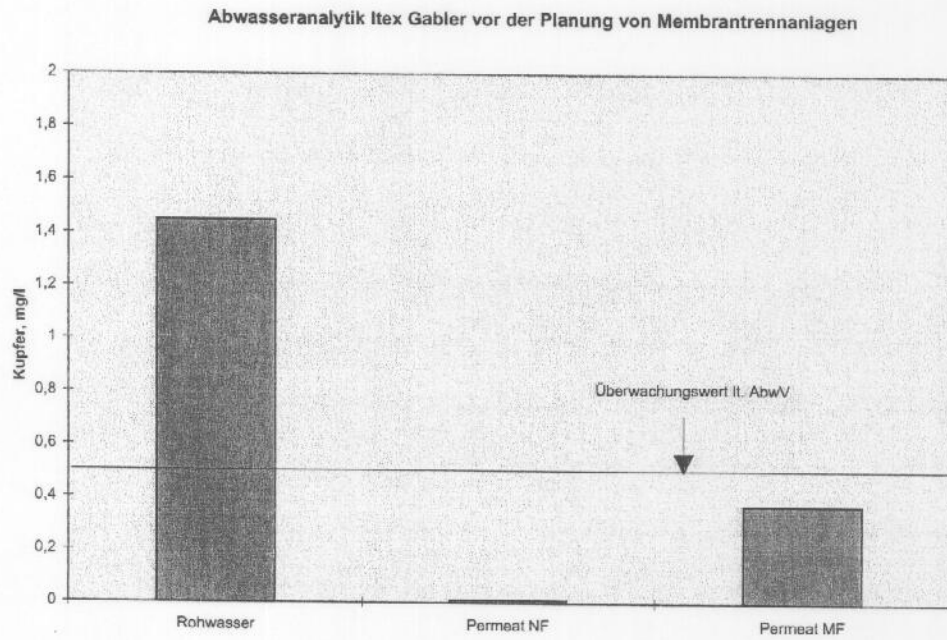


Abb. 1 c: Kupfer

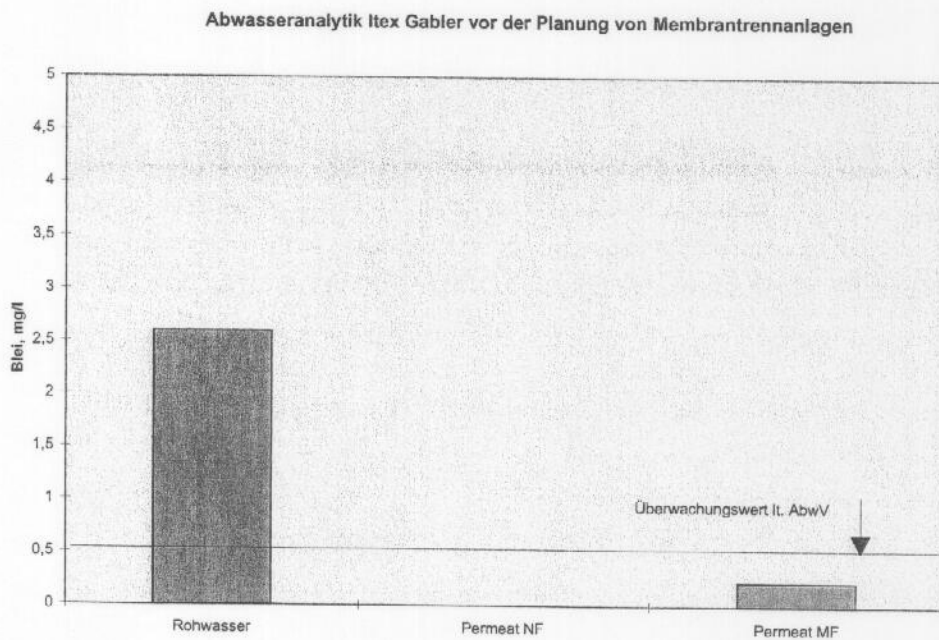


Abb. 1 d: Blei

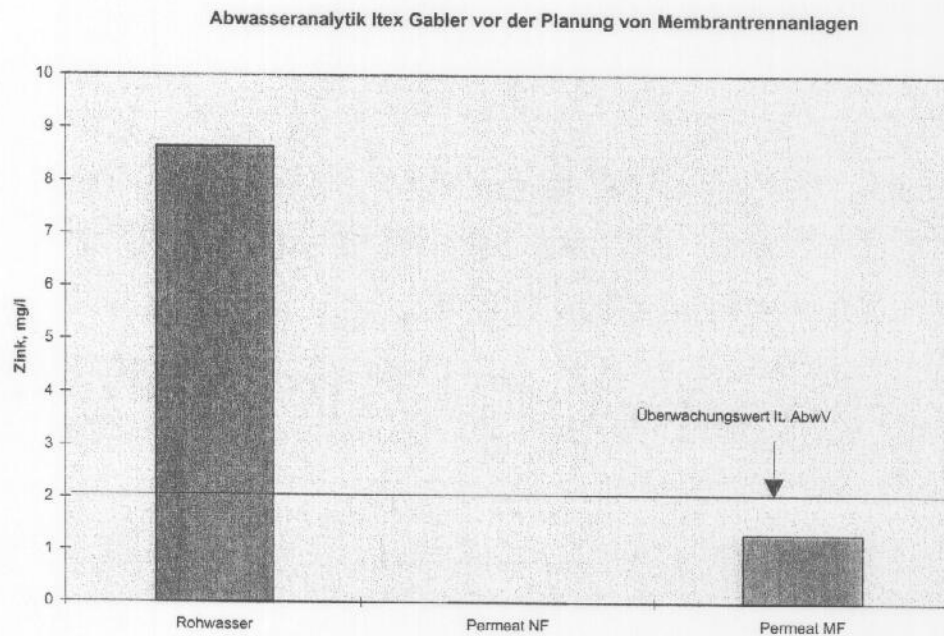


Abb. 1 e: Zink

Alle Parameter in der untersuchten Probe unterschritten nach Nanofiltration (NF) deutlich, nach Mikrofiltration (MF) ebenfalls eindeutig die Zuordnungswerte gemäß Abwasserverordnung (AbwV), Anhang 55 (Wäschereien).

Anlagenplanung:

Nach dem daraufhin geplanten Konzept werden die Waschwässer aus der Weißwäsche mittels Mikrofiltration gereinigt. Das resultierende Permeat sollte zum Waschen der Weißwäsche wiederverwendet werden.

Zum Spülen der Weißwäsche wird nanofiltriertes Wasser, das vorwiegend aus der Blauwäsche stammt und außerdem Regenwasser enthält, verwendet.

Überschüssige Spülwässer aus der Weißwäsche, die nicht der Mikrofiltration zugeführt werden können, sollen ohne weitere Reinigung der Blauwäsche zugeführt werden (gemeinsam mit Konzentrat aus der Nanofiltration).

Die stärker verschmutzten Wasch- und Spülwässer aus der Blauwäsche werden separat mittels Mikrofiltration und nachfolgender Nanofiltration gereinigt. Das Permeat aus der Mikrofiltration soll zum Spülen der Blauwäsche, überschüssiges Permeat der Nanofiltration zugeführt werden (gemeinsam mit Regenwasser und ggf. Frischwasser).

Mit dem Einsatz der Membrantrenntechnik wurde die komplette Kreislaufführung der Betriebswässer angestrebt, um sowohl die Frischwasser-, als auch die Abwassermenge zu verringern. Durch Verwendung von Regenwasser sollte zudem der Frischwasserverbrauch erheblich gesenkt werden.

3. Inbetriebnahme; wissenschaftliche Begleitung durch FGK

Vorbemerkung: im Bericht werden grundsätzlich folgende **Abkürzungen** verwendet:

MF = Mikrofiltration

NF = Nanofiltration

B oder BW = Blauwäsche

W oder WW = Weißwäsche

Roh = Rohwasser (vor Reinigung)

P = Permeat (nach Reinigung mittels MF oder NF)

K = Konzentrat (nach Reinigung mittels MF oder NF)

R = Regenwasser

F = Frischwasser

3.1 Anlagenkonzept zu Beginn der Inbetriebnahme

Nach Installation wurde die Anlage im März 2000 von Fa. Kunze in Betrieb genommen und Mitarbeiter von ITEX Gaebler in die Bedienung eingewiesen. Die Wasserströme zu Beginn der Inbetriebnahme sind folgendem Bild zu entnehmen:

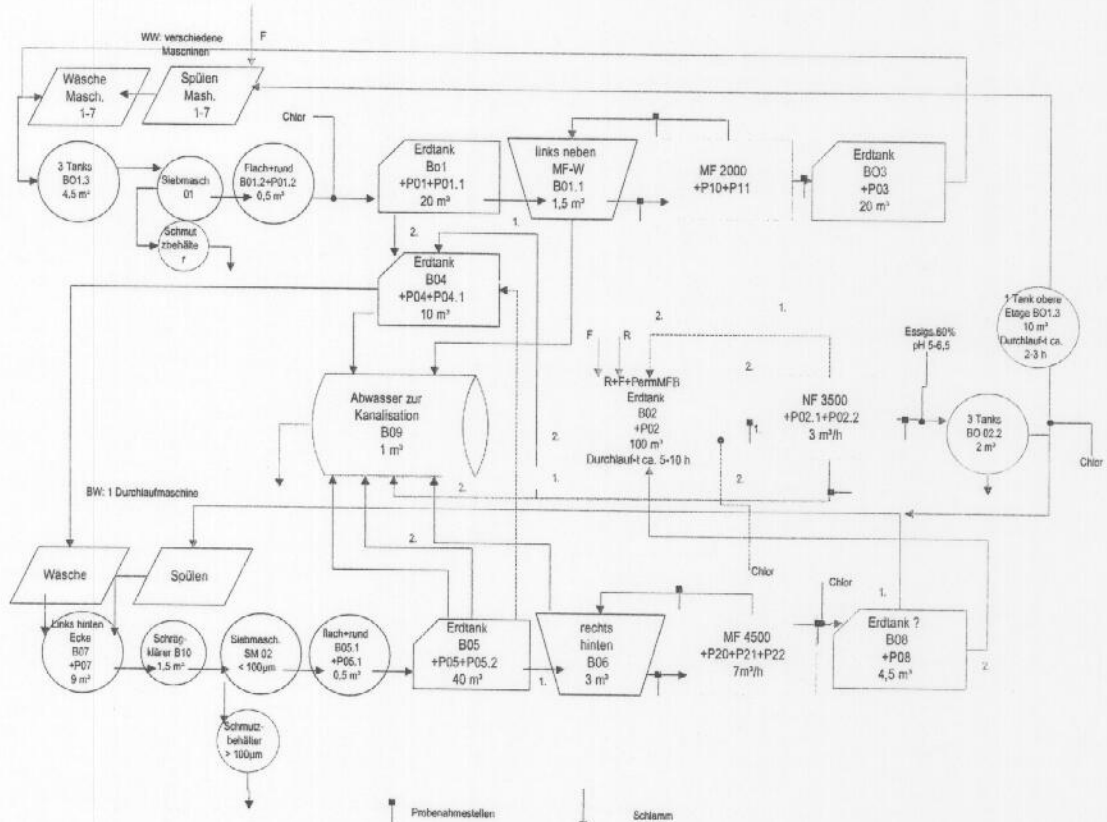


Abb. 2: Anlage mit Wasserströmen zu Beginn der Inbetriebnahme; Probenahmestellen für Analytik aller Rohwässer, Permeate und Konzentrate. Rot dargestellt: Rohwässer, grün: Permeate, blau: Konzentrate, violett: Schlämme, schwarz: Waschstraßen, grau: Membrantrennanlagen; gelb: Regenwasser + Frischwasser + Permeat aus MF Blauwäsche.

Die Anlage war zunächst mit folgenden Modulen ausgestattet:

- MF-BW: Storck, 2 Röhrenmodule, Typ F 4172, mittlerer Porendurchmesser: 0,1 µm
- MF-WW: Storck, 1 Röhrenmodul, s. BW
- NF: Ropor, 2 Wickelmodule

Datenblätter der Module zur Mikrofiltration sind dem Anhang zu entnehmen. Die NF-Module wurden eigens für die Anforderungen von ITEX Gaebler von Fa. Schiller entwickelt.

automatische Rückspülung: MF WW und BW wurden zu Beginn der Inbetriebnahme mit Permeat 2 x mit Druckluft im Gegenstrom und 1 x mit Frischwasser in Fließrichtung gespült (alle 30 min). NF wird ohne Druckluft mit eigenem Prozesswasser 3x gespült, indem der Betriebsdruck abrupt weggelassen wird (alle 30 min, je 10 sec.), danach 1x mit Frischwasser in Fließrichtung.

Manuelle Sonderspülung: Zu Beginn der Inbetriebnahme wurde keine Sonderspülung mit Chemikalien vorgenommen. Nachfolgend wurden die Bedingungen der Sonderspülung jedoch optimiert. Die Bedingungen werden im Kapitel 4 (Anlagenoptimierung) beschrieben.

Schlammwässerung:

Das Konzentrat aus der MF und NF wird dem Kreislaufwasser wieder zugeführt und entsprechend Abb. 2 in die dort eingezeichneten Behälter geführt. Schlämme wurden zunächst dem Abwasser zugeführt; später wurden Siebmaschinen installiert, um eine Entfeuchtung und anschließende Entsorgung der Schlämme zu ermöglichen.

3.2 Analytik zur Beurteilung der Reinigungsleistung

Am 17.5.00 wurden Stichproben vor und nach jeder Membrantrennanlage aus den Leitungen mit Probenahmehähnen entnommen (Ausnahme: Abwasser als Schöpfprobe) und bzgl. der relevanten Parameter gemäß Anhang 55 der Abwasserverordnung untersucht. Die Probenahmepunkte sind Abb. 2 zu entnehmen; sie werden im Folgenden beschrieben:

- MF-B/Roh, MF-W/Roh, NF-Roh: Rohwasser vor Eintritt in die Mikrofiltration (MF) bzw. Nanofiltration (NF). B: Wasser aus Blauwäsche, W: Wasser aus Weißwäsche
 - MF-B/P, MF-W/P, NF-P: jeweiliges Permeat nach MF bzw. NF
 - MF-B/K, MF-W/K, NF-K: jeweiliges Konzentrat nach MF bzw. NF

 - NF-Vorlage: Permeat-Vorrat B0 1.3
 - Schlamm B06: Zulauf zu den damals eingesetzten Drainbags
-

- Überlauf B06: Vorlage vor MF-BW; Überlauf wird dem Kanal zugeführt
- Schlamm B 01.1: Erdtank vor MF-WW; Überlauf wird dem Kanal zugeführt
- Abw.-MP: neu installierter Sammelbehälter (ca. 1 m³), aus dem bei Erreichen eines maximalen Pegelstandes das Wasser mit einer Pumpe dem Kanal zugeführt wurde. Diese Probe wurde als Schöpfprobe aus dem zu etwa 1/3 gefüllten Behälter entnommen.

Die Messergebnisse sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tab. 2: Messergebnisse der Analytik an Proben vom 17.5.00.
K = Konzentrat, **P** = Permeat; **Roh** = Rohwasser, **MF** = Mikrofiltration;
NF = Nanofiltration, **B** = Blauwäsche, **W** = Weißwäsche.

Zuordnungswert lt. Anh. 55 AbwV:	2	0,1	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,05	2	-	-	-
Proben-Bezeichn.	AOX mg/l	As mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Cr _{ges.} mg/l	Cu mg/l	Ni mg/l	Hg mg/l	Zn mg/l	pH	Leitfk. µS/cm	AbfSt g/l
MF-B/Roh	1,160	0,015	0,018	< 0,001	0,12	0,29	0,047	< 0,01	0,26	7,50	1660,0	2,47
MF-B/P	0,055	0,001	0,002	< 0,001	0,017	0,09	0,020	< 0,01	0,024	n.b.	n.b.	0,027
MF-B/K-	1,840	0,017	0,089	0,002	0,12	0,76	0,10	0,01	0,77	7,30	1830,0	6,27
MF-W/Roh	0,999	0,003	0,018	< 0,001	0,016	0,08	0,02	< 0,01	0,097	9,10	1300,0	2,80
MF-W/P	0,189	0,003	< 0,001	< 0,001	0,012	0,020	0,009	< 0,01	0,008	n.b.	n.b.	0,012
MF-W/K	1,590	0,006	0,009	< 0,001	0,002	0,20	0,020	< 0,01	0,11	6,20	1560,0	19,10
NF/Roh	0,042	0,009	< 0,001	< 0,001	0,015	0,026	0,015	< 0,01	0,016	n.b.	n.b.	0,039
NF/P	0,039	0,007	0,002	< 0,001	0,004	0,006	0,009	< 0,01	0,005	n.b.	n.b.	n.w.
NF/K	0,043	0,004	< 0,001	< 0,001	0,021	0,029	0,063	< 0,01	0,030	n.b.	n.b.	0,056
NF-Vorlage	< 10,0	< 0,001	0,002	< 0,001	0,021	0,029	0,063	< 0,01	0,030	n.b.	n.b.	0,002
Schlamm B01.1	0,926	0,003	0,003	< 0,001	0,001	0,020	0,010	< 0,01	0,061	9,70	1280,0	1,42
Schlamm B06	2,820	0,012	0,13	< 0,001	0,17	0,53	0,19	< 0,01	0,76	8,50	1630,0	5,63
Überlauf B06	1,130	< 0,001	0,004	< 0,001	0,028	0,060	0,020	< 0,01	0,025	n.b.	n.b.	0,33
Abw.-MP	0,107	0,007	0,033	< 0,001	0,047	0,28	0,05	< 0,01	0,29	8,80	1640,0	1,78

Im Abwasser ist keiner der Zuordnungswerte gemäß AbwV überschritten; lediglich im Schlamm aus B 06 liegt AOX mit 2,82 mg/l über dem Zuordnungswert (2 mg/l) und Kupfer in dieser Probe mit 0,53 mg/l, in MF-B-K mit 0,76 mg/l über dem Zuordnungswert (0,5 mg/l). Alle übrigen Messwerte liegen unter dem Zuordnungswert.

Die Effektivität der Anlagen wird durch diese Untersuchungen nochmals bestätigt (Vergleich der Rohwasserzusammensetzung mit Permeat- und Konzentrat-Zusammensetzung). Bzgl. der Abwasserzusammensetzung sind aufgrund dieser Messwerte zunächst keine Probleme zu erwarten.

Mikroorganismen

In der Probe NF-Vorlage wurde wegen festgestellter Geruchsbildung nach dem Spülen der WW mit diesem Permeat die Gesamtkeimzahl durch direkte Zählung der koloniebildenden Einheiten (KBE) im Spatelplattenverfahren ermittelt. Es wurden 3,7 KBE/ml bei 36°C ermittelt. Damit wurde eine Anreicherung von Mikroorganismen festgestellt. Durch Konservierungsmaßnahmen mit Natronbleichlauge, die zum Bleichen von Weißwäsche seit jeher in Wäschereien eingesetzt wird, wurde das Problem der Geruchsbildung von ITEX Gaebler bald darauf beseitigt. Da im gesamten Wasserkreislauf kein direkter Kontakt von Permeat zum Personal besteht, konnte auf die Ermittlung pathogener Keime verzichtet werden. Bei Waschttemperaturen von bis zu 75 °C werden zudem evtl. vorhandene Bakterien- oder Virenkolonien abgetötet.

Untersuchungen an Feststoffen aus 4 Proben

Um Aussagen über die Zusammensetzung der Feststoffe im Prozesswasser zu erhalten und damit Rückschlüsse auf das Zusetzen der Module zu ermöglichen, wurden die Rückstände der Filter für die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe für die Proben Abw.-MP, MF-W/K, MF-B/Roh und NF-K mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Energiedispersiver Analyse (EDX) untersucht. Die REM/Mikroskopie-Aufnahmen erlauben eine Aussage über die Körnung des Schlammes; die durchschnittliche Korngröße der erkennbaren Teilchen liegt bei ca. 1 µm; einige wenige Einzelteilchen sind auch bis zu 10-20 µm groß. Die Messergebnisse und Mikroskopie-Aufnahmen befinden sich im Anhang des Berichts.

5. Ergänzungen zur Anlagenoptimierung durch ITEX Gaebler im Zeitraum von Mai 2000 bis Mai 2001

Es zeigte sich nach wenigen Betriebstagen, dass Optimierungen erforderlich sein würden, da die Leistung aller Module deutlich unter die vorgesehenen Sollwerte sank, die beim Start der Anlage erreicht worden waren. Hierzu wurde eine Reihe von zusätzlichen Aggregaten zur Vorreinigung der Wässer installiert. Während dieser Zeit wurde das FGK regelmäßig telefonisch über den Stand der Dinge unterrichtet.

Im Einzelnen traten einige Probleme auf, die durch zusätzliche Anlagenteile zwischen März 2000 und Februar 2001 nach und nach behoben wurden. Außerdem wurden bzgl. der Wasserführung einige Änderungen vorgenommen, um die verschiedenen Wasserströme optimal nutzen zu können. Die Optimierungen und Änderungen in der Anlage sind in Abb. 3 integriert und nachfolgend erläutert:

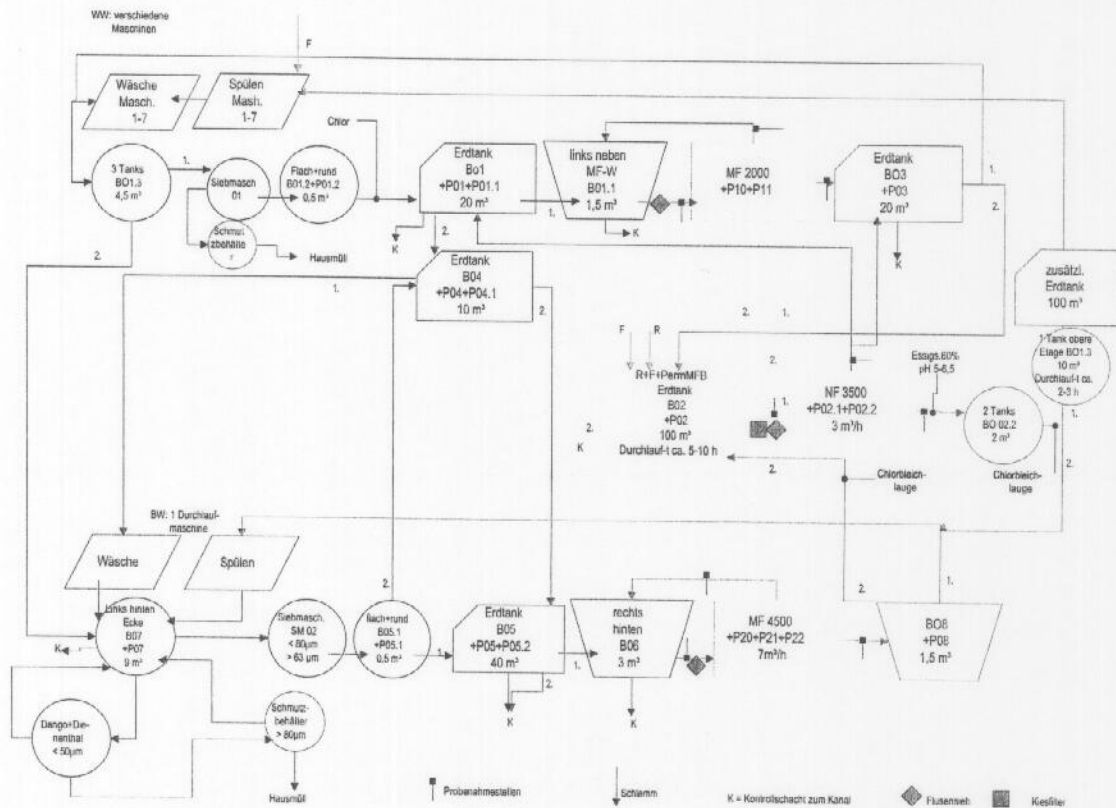


Abb. 3: Anlage mit Wasserströmen nach Optimierung bzgl. Kapazität der Vorratsbehälter (Permeat NF), der Vorreinigung und der Wasserströme. Rot dargestellt: Rohwässer, grün: Permeate, blau: Konzentrate, violett: Schlämme, schwarz: Waschstraßen, grau: Membrantrennanlagen; gelb: Regenwasser + Frischwasser + Permeate MF-BW und MF-WW.

Änderungen in der Prozesswasserführung:

- Ein weiterer Vorratstank für Permeat nach Nanofiltration (zusätzlich zu B01.3) als Vorlage zu Wäsche WW wurde geplant und installiert (Fa. Sielmann), um die Nanofiltration besser nutzen zu können (Regenwassertank nicht ausreichend, da dort nur max. 50 m³ enthalten sind).
- Der Überlauf von B 01.3 (Waschwasser aus Blauwäsche, das zur MF-BW geleitet wird) wird nicht wie ursprünglich dem Abwasser, sondern B 07 (Waschwasser WW, das zur MF-WW geleitet wird) zugeführt
- B 02 (Regenwasser + Frischwasser + MF-BW-Permeat = Vorrat für NF) erhält kein Konzentrat NF mehr, da dieses wegen der guten Qualität einerseits in B 01 (Vorrat für MF-WW), andererseits zum Erdtank B 04 (Vorrat für MF BW) genutzt wird.
- B 02 erhält zusätzlich Überlauf aus B 03 (Permeat MF-WW)
- Überschüssiges Rohwasser aus Erdtank B 04 (Reservoir Rohwasser aus BW und WW sowie Überschuss B 02 (Regenwasser + Frischwasser + MF-BW-Permeat + Überlauf B03 = MF-WW Permeat) wird nicht mehr dem Abwasser, sondern dem Erdtank B 05 zugeführt (Vorrat für MF-WW)
- Überlauf aus B 02 (Regenwasser + Frischwasser + MF-BW-Permeat + MF-WW-Permeat = Vorrat für NF) wird zusätzlich in B 08 geleitet (Permeat MF-BW, welches zum Spülen der BW genutzt wird). Ebenso in Erdtank B 03 (Permeat MF-WW, welches zum Waschen der WW genutzt wird). Außerdem wird es zur Nachspeisung des Erdtanks B 04 geleitet, der als Vorlage zum Waschen der BW dient.

Ergänzungen zur Vorreinigung:

- Mitte April zeigte sich, dass die Vorreinigung vor Nanofiltration verbessert werden muss (feinste Fussel). Die Leistungsverringerung in allen übrigen Modulen durch zu geringe Vorklärung wurde im Juni 2000 deutlich. Eine Siebung des Rohwassers aus der BW, welches bei Überschuss in den Vorratsbehälter Regenwasser (vor NF) geleitet wird, wäre zudem erforderlich. Die Leistungsverringerung der Module ist auf Verblockung der Membranen durch Flusen zurückzuführen. Größte Probleme wurden lt. Aussagen von ITEX Gaebler durch Polyesterflusen aus Berufsbekleidung hervorgerufen, die bei den Temperaturen in den Reinigungsmodulen (etwa 40°C) vernetzen. Die nachträgliche Installation einer weiteren Siebmaschine, eines Kiesfilters und

je eines Flusensiebes vor jeder Filtrationsanlage („Polzeifilter“) entsprechend Abb. 3 diente dazu, die Probleme aufgrund unzureichender Vorreinigung zu eliminieren. Die Nachrüstung erfolgte im Zeitraum vom April 2000 bis Januar/Februar 2001. Im Einzelnen wurden folgende Geräte zur Vorreinigung nachgerüstet:

- Gerät der Fa. Dango + Dienenthal (50 µm): Washwasser nach Blauwäsche (B 07) wird zunächst über diesen Filter geleitet. Das gefilterte Wasser wird direkt der Siebmaschine SM 02 (0,08 mm oben, 0,063 mm unten) zugeführt; der ursprünglich zwischengeschaltete Schrägklärer B 10 wird nicht mehr verwendet.
- Flusensiebe wurden vor beiden MF sowie vor der NF angebracht
- (0,25 mm)
- vor dem Flusensieb NF wurde ein zusätzliches Kiesfilter installiert, der rückspülbar ist

Optimierung an den Modulen:

- Im Juni 2000 wurde ein Modul der MF WW erneuert (Röhrenmodul der Fa. Storck), im September 2000 zunächst ein Versuchs-Keramikmodul (Fa. Tami) an der MF-WW installiert. Im Oktober 2000 wurde ein komplettes Keramikmodul mit 19 Membranröhren installiert, um Langzeiterfahrung zu sammeln.
- Im November/Dezember 2000 wurden 3 MF-Module (Röhrenmodule der Fa. Storck) und 3 NF-Module (Wickelmodule der Fa. Ropor) anstelle der vorherigen 2 NF-Module neu installiert.
- Weitere Änderungen gemäß Vorgaben der Fa. Schiller Wasseraufbereitung: da die erste Modulgeneration wegen zu geringer Vorklärung zusetzte (verkettete Polyesterfäden), war seitens ITEX Gaebler die Druckdifferenz auf die Module erhöht worden, um die gewünschte Leistung der Anlage zu erzielen. Die Folge waren weiter zugesetzte Module, sowie geplatzte MF-Röhren, die die Leistung der Anlage zwar verbesserten, die Permeatqualität jedoch verringerten. Seitens Fa. Schiller wurde deshalb die Steuerung der Anlage dahingehend geändert, dass bei einer Druckdifferenz von mehr als 2,5 bar (MF) bzw. 10 bar (NF) aufgrund von verringertem Permeatdurchfluss die Anlage

automatisch abschaltet und erst nach erfolgter Sonderspülung wieder eingeschaltet werden kann

- Die Spülzyklen aller Module wurde seitens ITEX Gaebler, z. T. mit Fa. Schiller wie folgt optimiert:

Optimierung der Spülmethodik:

generell wird bei der automatischen Rückspülung nicht mehr mit Frischwasser, sondern nur mit Permeat gespült. Die Sonderspülung erfolgt, indem die Module mit dem mit Chemikalien versetzten Spülwasser im Kreislauf durchströmt wird.

MF-BW und -WW: automatische Rückspülung mit Permeat: etwa alle 20 Minuten für je 4-5 Minuten

Sonderspülung mit NaOH (pH 10-12): WW: etwa 1x/Woche ca. 1 Stunde, BW: etwa 2-3x/Woche ca. 1-2 Stunden

NF: automatische Rückspülung mit Permeat: etwa alle 15 Minuten für je 4-5 Minuten

Sonderspülung mit Peressigsäure (pH = 2-3) und NaOH (pH = 10-12): etwa 1x/Woche, etwa 1 Stunde sauer, danach etwa 1 Stunde alkalisch.

Sonstige Änderungen:

- Mitte März 2000 zeigte sich kurz nach Inbetriebnahme der Anlage, dass für deren Betrieb mehr Strom erforderlich sein würde als zunächst erwartet. Hierfür wurde eine neue Trafostation angeschafft, die am 19.5.00 in Betrieb genommen wurde.
 - Stärke, die vor allem für WW eingesetzt wird (letzter Spülgang; Kartoffelstärke, geliert in der Bügelmaschine durch Hitzeeinwirkung) und kann Module der MF verkleben. Es werden schätzungsweise 200 kg/Monat an Stärke verbraucht; das entsprechende Wasservolumen ist nicht bekannt. Die stärkehaltigen Wässer werden derzeit direkt dem Abwasser zugeführt. Es wird eine separate Kreislaufführung der stärkehaltigen Spülabwasser diskutiert, um die enthaltenen Reste der Stärke zu verwerten.
-

Für kommunale Kläranlagen stellen diese Wässer meist kein Problem dar, da der wegen der Stärke erhöhte CSB-Wert für den Betrieb der mikrobiologischen Reinigungsstufe sogar gewünscht wird.

5. Beurteilung der Anlage nach Abschluss aller Änderungs- und Ergänzungsarbeiten (kontinuierlicher Betrieb seit 02/01; Itex Gaebler mit FGK)

Leistung der Anlage

Die Anlage wurde nach Beendigung aller beschriebenen Optimierungsschritte im Januar/Februar 2001 erneut in Betrieb genommen. Die Leistung der neuen Module ist bis zum Zeitpunkt der Berichterstattung zufriedenstellend:

2 Module an MF-BW: 2 + 2,8 m³/h

1 Modul an MF-WW: 4,5 m³/h

3 Module an NF: 3,5 m³/h

Mit Hilfe der Sonderspülung kann diese Leistung auch beibehalten werden, sodass wirtschaftlich realisierbare Standzeiten der Module zu erwarten sind (ca. 2-3 Jahre). Das Testmodul aus Keramik (Fa. Tami) zeigt eine geringere Leistung (0,2-0,3 m³/h) als geplant (0,5-0,7 m³/h); dies ist darauf zurückzuführen, dass der in der MF-WW herrschende Differenzdruck von ca. 2,5 bar für das Modul zu gering ist.

Zusätzliche Sonderspülungen sind an der NF besonders nach Regenereignissen erforderlich. Seitens FGK wird vermutet, dass dies mit verstärkter Biofilmbildung auf den Modulen aufgrund der mit dem Regenwasser eingebrachten Mikroorganismen zusammenhängt.

Betriebsdaten zur Beurteilung der Anlage:

Betriebsdaten von Itex Gaebler (Erfassung: täglich):

Von Itex Gaebler werden seit Februar 2001 ein Reihe relevanter Daten täglich erfasst: Frischwasserverbrauch, Öl-, Gas-, Stromverbrauch, gewaschene Ware.

Der Vergleich mit den Daten aus früheren Betriebsjahren ist nicht zuverlässig möglich, da diese Daten z. T. aus Lieferantenrechnungen, z. T. aus Schätzungen hervorgehen.

Deshalb werden nachfolgend die täglich erfassten Werte seit der erneuten Inbetriebnahme (Februar 01-Mai 01) nur mit Werten seit Oktober 2000 bis Januar 2001 verglichen.

Die Zahlen für die Menge an gewaschener Wäsche beruhen bei Flachwäsche (Tischdecken, Bettwäsche etc.) vor der erneuten Inbetriebnahme auf der ermittelten Durchschnittsmenge seit Februar 01, da diese erst seitdem täglich ermittelt wird.

Energieverbrauch pro kg gewaschene Ware (Graphiken wurden von Itex Gaebler erstellt und zur Verfügung gestellt):

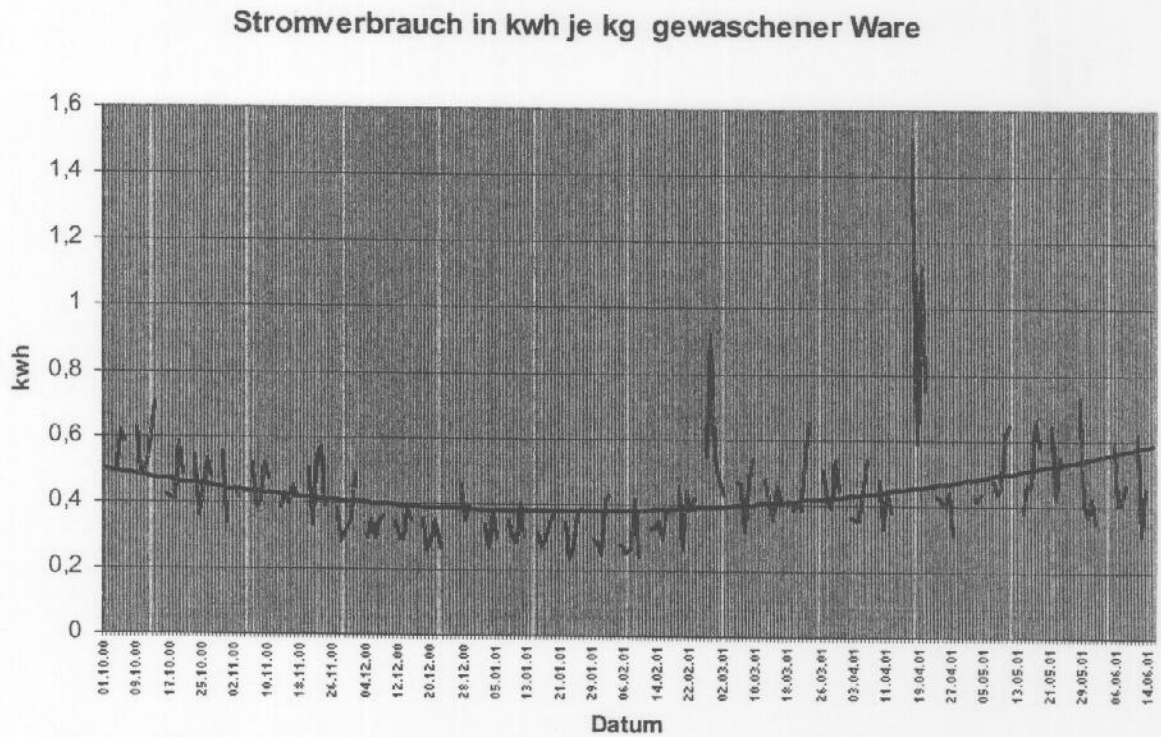


Abb. 4: Stromverbrauch, bezogen auf gewaschene Ware

Der Stromverbrauch (Verwendung: für alle Antriebsaggregate, Kompressoren, Ventilatoren, Licht; seit 02/01 zusätzlich für die Wasserreinigung) ist wie bereits erwähnt angestiegen.

Gasverbrauch in cbm je kg gewaschener Ware

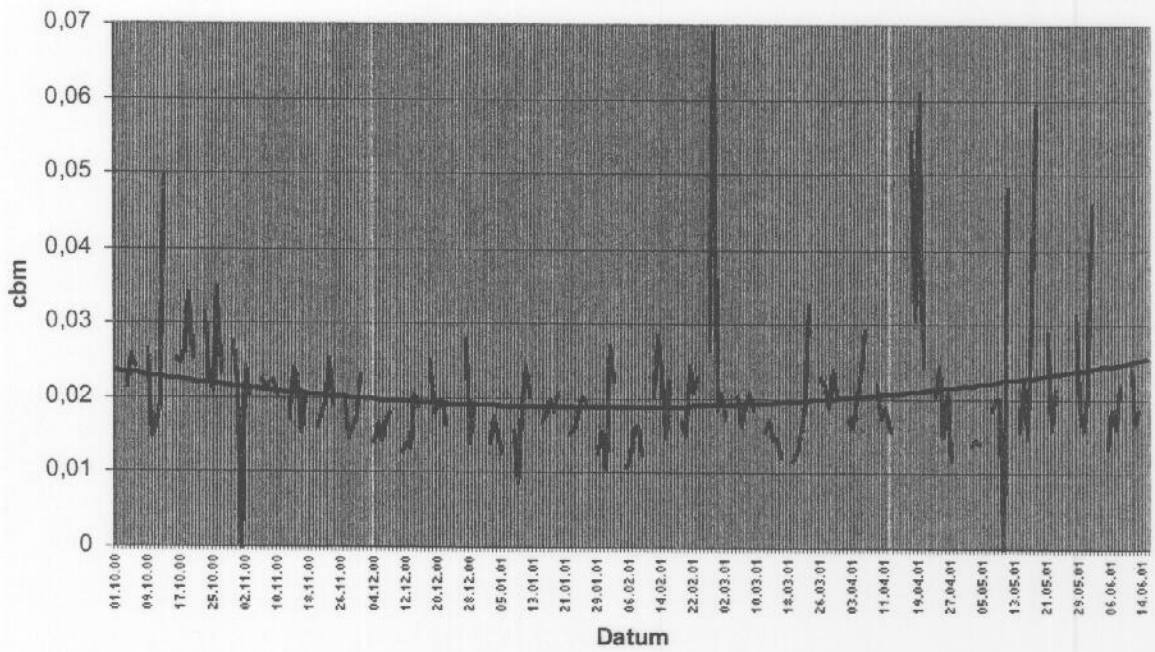


Abb. 5: Gasverbrauch, bezogen auf gewaschene Ware

Beim Gasverbrauch hat sich durch die Inbetriebnahme im Februar 01 nichts geändert (Verwendung: Trocknung).

Ölverbrauch in l je kg gewaschener Ware

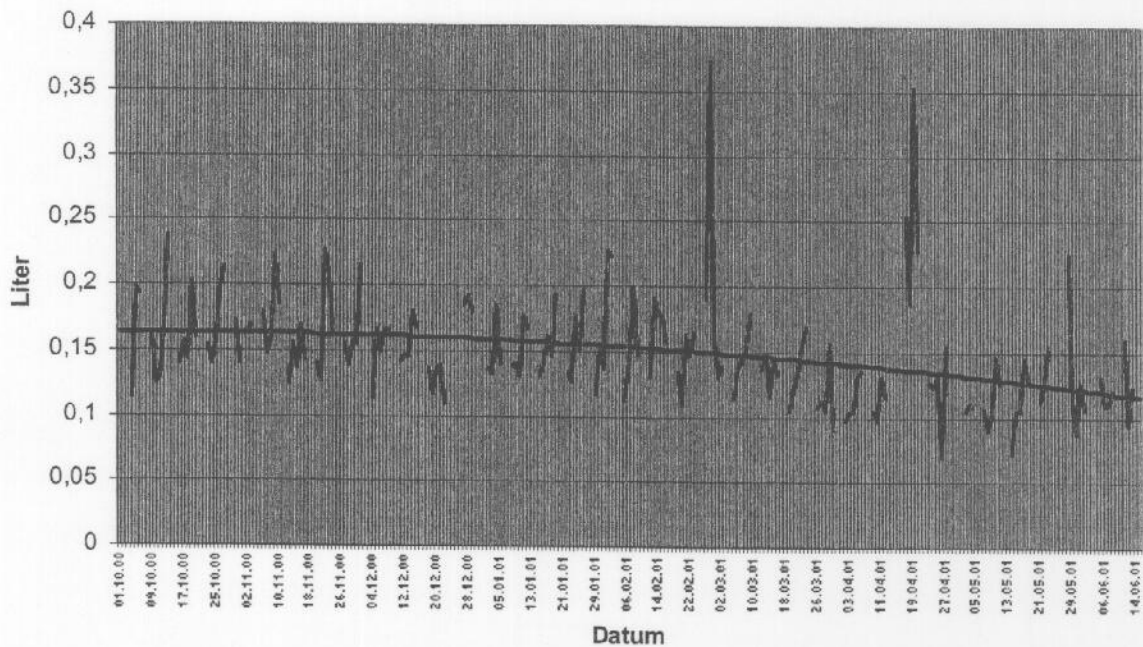


Abb. 6: Ölverbrauch, bezogen auf gewaschene Ware

Der Ölverbrauch (Verwendung zur Dampfheizung der Maschinen) hat abgenommen (von durchschnittlich ca. 0,17 l/kg vor der Inbetriebnahme auf durchschnittlich 0,13 l/kg seit Inbetriebnahme); dies ist darauf zurückzuführen, dass das gereinigte Wasser durchschnittlichen Temperaturen von 30-40°C zum Waschen wiederverwendet wird, sodass neben der Wasserersparnis auch die Heizenergie für die Waschmaschinen reduziert wird.

Frischwasserverbrauch pro kg gewaschene Ware (Graphik wurden von ITEX Gaebler erstellt und zur Verfügung gestellt):

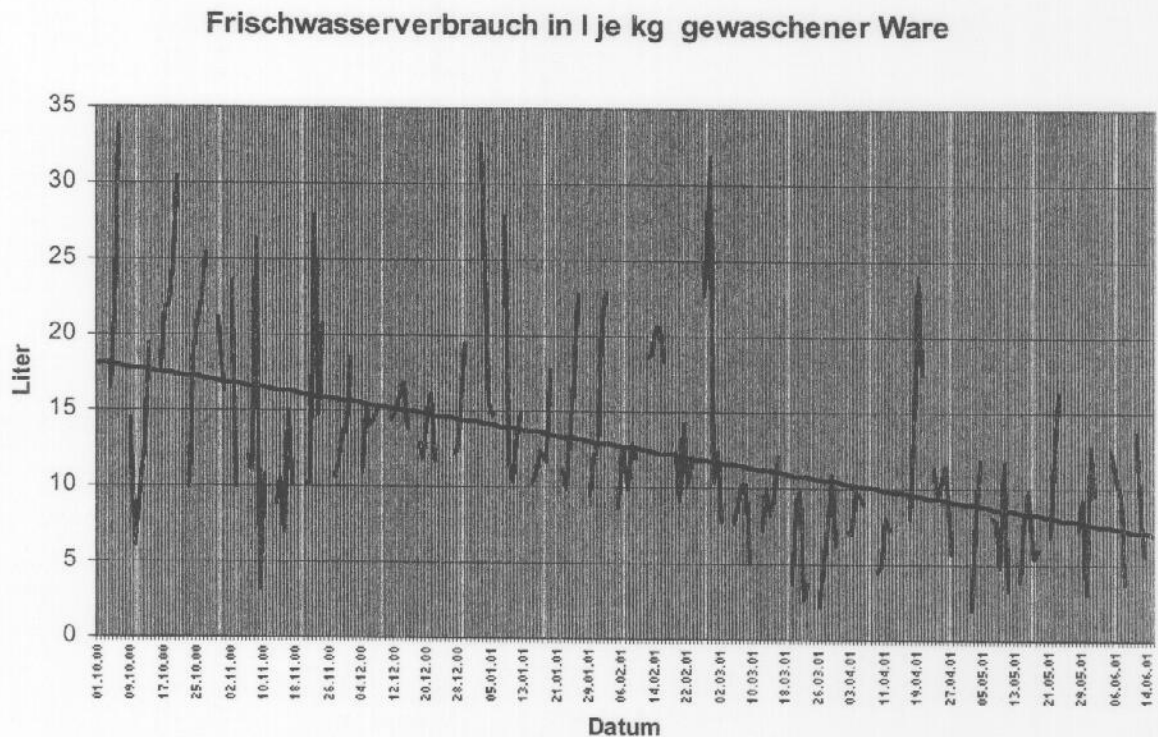


Abb. 7: Frischwasserverbrauch, bezogen auf gewaschene Ware

Der Frischwasserverbrauch wurde verringert von ursprünglich ca. 15 l/kg, auf durchschnittlich ca. 7 l/kg. Demnach wurde der Frischwasserverbrauch deutlich verringert seitdem die Anlage in Betrieb ist. Dies ist einerseits bedingt durch die Wiederverwendung des gereinigten Wassers, andererseits auch durch die zusätzliche Verwendung von Regenwasser.

Weitere Betriebsdaten:

Frischwasser - Regenwasser

Im Folgenden wird die Abhängigkeit des Frischwasserverbrauchs von Regenereignissen dargestellt. Der Frischwasserverbrauch wurde für den Betrachtungszeitraum täglich durch ITEX Gaebler erfasst; der Regenwasserverbrauch der Messstelle Eppenrodt bei Montabaur wurde von der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Regionalstelle Montabaur freundlicherweise zur Verfügung gestellt und die täglich ITEX Gaebler im Regenwassertank gewonnene Regenwassermenge berechnet bei einer Gesamtfläche von

2 758 m³ des Betriebes für die Regenwassererfassung. Die im Folgenden dargestellten Werte sind nicht auf die Menge an gewaschener Ware bezogen und geben deshalb die allgemeine Tendenz des Wasserverbrauchs und Regenwasseranfalls wieder.

Tab. 3: Frischwasserverbrauch und Regenwassermengen. Inbetriebnahme: Februar/März 2001; Werte gemittelt für einzelne Wochen (Daten nicht komplett; sondern Stichproben!)

Woche	m ³ Frischwasser, verwendet für Produktion	m ³ Regen, z. gr. T. aufgefangen in B 02
9.-13.10.2000	302	
16.-20.10.	636	
23.-27.10.	518	
6.-10.11.	365	
13.-17.11.	310	
20.-24.11.	431	
27.11.-1.12.	372	
4.-8.12.	427	
10.-15.12.	499	
17.-22.12.	488	
8.-12.1.2001	456	32,2
15.-19.1.	365	2,9
22.-26.1.	391	91,4
29.1.-2.2.	397	410
19.-23.2.	356	74,5
26.2.-2.3.	316	10,3
5.-9.3.	273	45,8
12.-16.3.	280	96,2
19.-23.3.	183	131,1
26.-30.3.	190	59,8
14.-18.5.	198	30,7

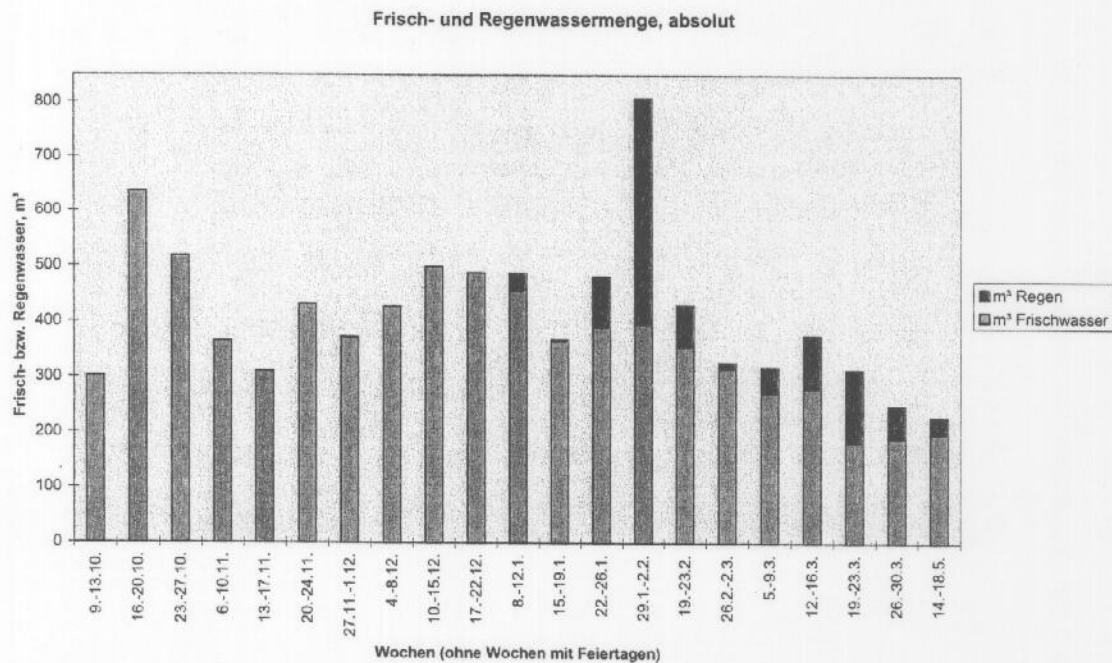


Abb. 8: Frischwasserverbrauch und Regenwassermengen. Inbetriebnahme: Februar/März 2001; Werte gemittelt für einzelne Wochen (Daten nicht komplett; sondern Stichproben!)

Aus der Graphik wird deutlich, dass seit Wiederinbetriebnahme der Anlage im Februar der gesamte Wasserverbrauch nach und nach reduziert werden konnte, und der Frischwasserverbrauch wegen der Verwendung von Regenwasser noch deutlicher reduziert wird: der Mittelwert für den wöchentlichen Frischwasserverbrauch vor Inbetriebnahme der Anlage aus den in der Graphik angegebenen Daten betrug $435 \text{ m}^3/\text{Woche}$. Für die Zeit seit dem 5.3.01 bis Ende Mai 01 ist der Frischwasserverbrauch auf $224,8 \text{ m}^3/\text{Woche}$ gesunken. Dieser schwankt zwar stärker als vorher wegen der Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Regenwassers; die Menge des Regenwassers beträgt im Mittel $32,7 \text{ m}^3/\text{Woche}$. Daraus ergibt sich ein mittlerer Gesamtwasserverbrauch von $257,5 \text{ m}^3/\text{Woche}$ gegenüber früher $435 \text{ m}^3/\text{Woche}$; die Gesamteinsparung an Wasser seit Inbetriebnahme der Wasserreinigung beträgt damit ca. 41 %; der Verbrauch an Frischwasser wurde um ca. 48 % reduziert. Unter Vernachlässigung des bei der Wäschetrocknung verdampften Wassers wird die Verringerung der Abwassermenge in der gleichen Größenordnung liegen.

Abwasser/Schlamm (derzeit keine Datenerfassung):

Abwasser wurde ursprünglich im Behälter B09 gesammelt (ca. 1 m³ Volumen) und von dort bei Erreichen eines bestimmten Pegels aus dem Keller in den Kanal gepumpt. Dort wurde auf Anregung seitens FGK eine Wasseruhr installiert. Im Projektverlauf setzte sich diese Wasseruhr jedoch mit Flusen zu, sodass derzeit keine verlässlichen Daten über die Abwassermengen verfügbar sind. Der Abwasserbehälter B 09 (vgl. Abb. 2) wurde mittlerweile abgeschafft. Die Schlämme aus den Vorratsbehältern werden derzeit entsprechend Abb. 3 dem Abwasser zugeführt. Diese Behälter werden etwa alle 1-2 Wochen manuell entschlammt.

Dem Kontrollschacht vor Übergabe in die Kanalisation werden wie oben beschrieben und aus Abb. 3 ersichtlich verschiedene überschüssige Wässer zugeführt. Die regelmäßige Überwachung gemäß rheinland-pfälzischer Eigenüberwachung erfolgt weiterhin.

Die Abwassermenge ist gemäß oben aufgeführter Berechnungen (Frischwasserverbrauch verringert auch ohne Regenereignisse) seit Inbetriebnahme der Wasserreinigung deutlich verringert worden. Eine genaue Aussage wäre möglich, wenn auch die Menge des genutzten Regenwassers sowie die Abwasser- und Schlammmenge mittels Wasseruhren erfasst würden.

Siebrückstände

Die Siebrückstände der Siebmaschinen SM 01 und SM 02 werden nach Trocknung dem Hausmüll zugeführt (vorwiegend Flusen).

Waschmittelverbrauch:

Der Waschmittelverbrauch ist seit Inbetriebnahme nach und nach um etwa 20 % reduziert worden. Diese Aussage beruht auf geschätzten Angaben von ITEX Gaebler; es ist geplant, auch den genauen Waschmittelverbrauch in Zukunft täglich zu erfassen, um auch hier exakte Angaben in g Waschmittel pro kg gewaschener Ware zu ermöglichen.

Chemikalien:

Essigsäure zum Neutralisieren des NF-Permeates:

Zum Neutralisieren des zeitweise (je nach Regenereignissen) wegen Waschmittelresten leicht alkalischen NF-Permeates wird 60%-ige Essigsäure verwendet (Ansatz: je 500 l

Wasser + 100 l Essigsäure; dieser Behälter wird etwa alle 1-2 Wochen neu befüllt). Dies ist erforderlich, da das Permeat als Spülwasser für die Weißwäsche wiederverwendet wird. Eingestellter pH-Wert: ca. 7

Chlorbleichlauge zum Konservieren:

Die verwendete Chlorbleichlauge besteht aus einer Natriumhypochloritlösung mit ca. 10 % aktivem Chlor. Neben dem Bleichen von Weißwäsche (insgesamt ca. 15 kg pro Tag) wird Chlorbleichlauge seit Inbetriebnahme der Wasserreinigung auch zum Konservieren des Prozesswassers verwendet. Nach MF-BW (Permeatleitung zum Regenwassererd-tank) wird die Lösung mit 1,62 l/h bei Bedarf dosiert, nach NF (Permeatleitung zum Vorratstank) mit 0,98 l/h (Häufigkeit je nach Bedarf; etwa 1 x pro Woche).

NaOH zum Spülen von MF- und NF-Modulen

Ansatz bei jedem Spülvorgang: 150 Liter Wasser mit 1 Liter 45 %-iger NaOH-Lösung bis pH = 10-12

Peressigsäure zum Spülen von NF-Modulen

Ansatz bei jedem Spülvorgang: 150 Liter Wasser mit 10-15 Liter 5 %-iger Peressigsäure bis pH = 2.

Qualitätssicherung

Während der Inbetriebnahme wurde mehrfach über eine geeignete Qualitätssicherung diskutiert. Zur Beurteilung der Eignung des gereinigten Wassers zur Wiederverwendung als Wasch- bzw. Spülwasser kommen grundsätzlich der pH-Wert, die Leitfähigkeit der Permeate bzw. Rohwässer sowie der Tensidgehalt infrage.

Die Waschmittelmenge seit Inbetriebnahme wurde in Abhängigkeit von diesen Parametern aufgrund von Erfahrungswerten des Mitarbeiters der damaligen Lieferfirma dosiert; und seitdem nach und nach reduziert. „Normale“ Werte für das Waschwasser lt. Angaben des Waschmittelherstellers sind pH 10 und 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Toleranzwerte sind jedoch nicht bekannt.

Die Waschqualität wurde bisher „organoleptisch“ (visuell, olfaktometrisch) beurteilt. Derzeit wird zusätzlich ein genormtes Verfahren durchgeführt. Bei diesem Verfahren (DIN 5033) werden Teststreifen (genormtes Gewebe) mitgewaschen und der Weißgrad

(WG-Wert), die Farbtonabweichungszahl (FAZ) sowie der Grundweißwert (Y-Wert) nach je 10 Waschdurchgängen ermittelt. Gemäß RAL darf nach 50 Wäschen der WG-Wert nicht kleiner als 170 sein; der Y-Wert nicht unter 85. Für die Weißwäsche läuft dieser Test derzeit. Die Messungen nach 10 und nach 20 bzw. 30 Waschvorgängen sind dem Anhang zu entnehmen.

Seit Ende Mai 2001 wurde das eingesetzte Waschmittel gewechselt mit dem Resultat einer verbesserten Waschqualität. Nach Aussage seitens ITEX Gaebler ist damit außerdem eine verbesserte Leistung vor allem der diesbzgl. störanfälligeren NF-Module zu verzeichnen. Ob dies in Zusammenhang mit der Waschmittelzusammensetzung steht, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Analytik im Abwasser während der Optimierung durch ITEX Gaebler mit Fa. Schiller:

Zu Beginn der Inbetriebnahme waren Stichproben der Rohwässer, Permeate und Konzentrate sowie Proben aus dem Behälter B 06 (Sammelbehälter vor MF Blauwäsche) und Abwasser aus dem 1 m³-Sammelbehälter bzgl. aller Parameter gemäß Anh. 55 AbwV analysiert worden (vgl. Tab. 2). Damit war die Effektivität der Anlagen nachgewiesen worden. In der damaligen Abwasserprobe war keiner der Zuordnungswerte gemäß Anhang 55 der AbwV überschritten worden. Während der nachfolgenden Optimierungsschritte wurden regelmäßig die für die Kommune relevanten Parameter gemäß rheinland-pfälzischer Eigenüberwachungsverordnung (EÜVOA) im Abwasser im FGK untersucht. Die Probenahme erfolgte jeweils durch den Auftraggeber als Stichprobe aus dem Hauptuntersuchungsschacht (nachfolgend mit „H“ abgekürzt) bzw. aus dem Übergabeschacht („Ü“) nach dem Hauptuntersuchungsschacht vor der Übergabe in den Kanal. Es ist deshalb möglich, dass in diesen Proben auch sanitäre Abwässer enthalten sind. Die Ergebnisse dieser Analysen sind im Anhang als Tabelle und nachfolgend als Graphik dargestellt.

Bild 9 a bis g: Analytik an Abwasser vor Inbetriebnahme sowie während der Optimierung. Messwerte und Zuordnungswert gemäß Abwasserverordnung (Anhang 55 für Wäschereien); Zeitpunkt der Inbetriebnahme (März 2000). Die Probenahmeterminale sind der Tabelle im Anhang zu entnehmen. Sie sind in den Graphiken chronologisch, aber nicht linear dargestellt.

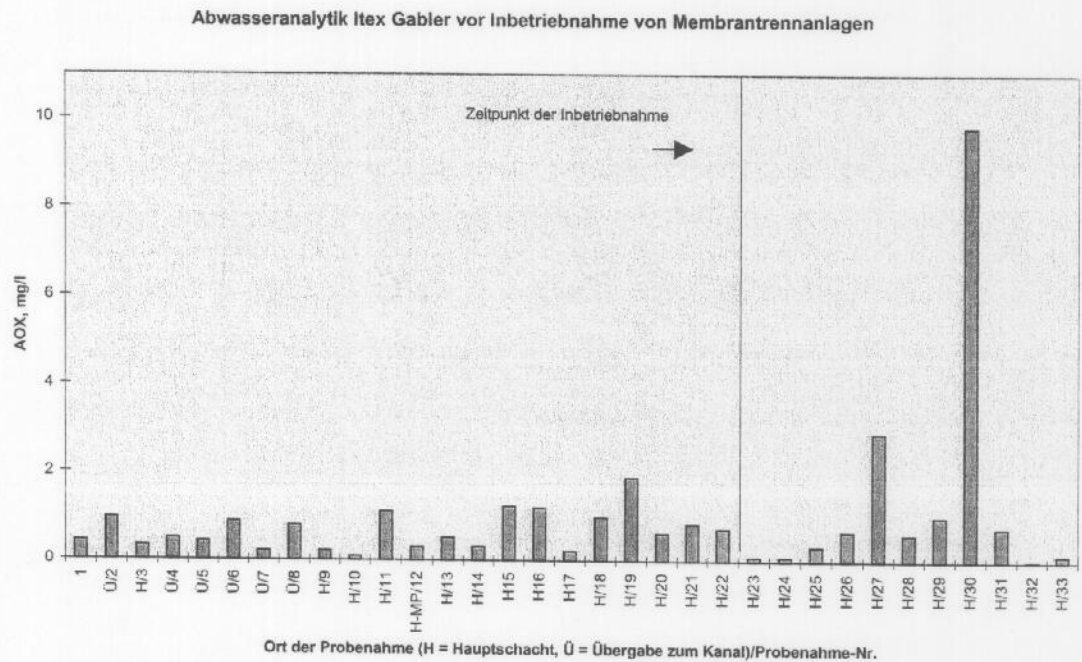


Bild 9 a: AOX, Zuordnungswert lt. AbwV für Indirekteinleitung = 2 mg/l.

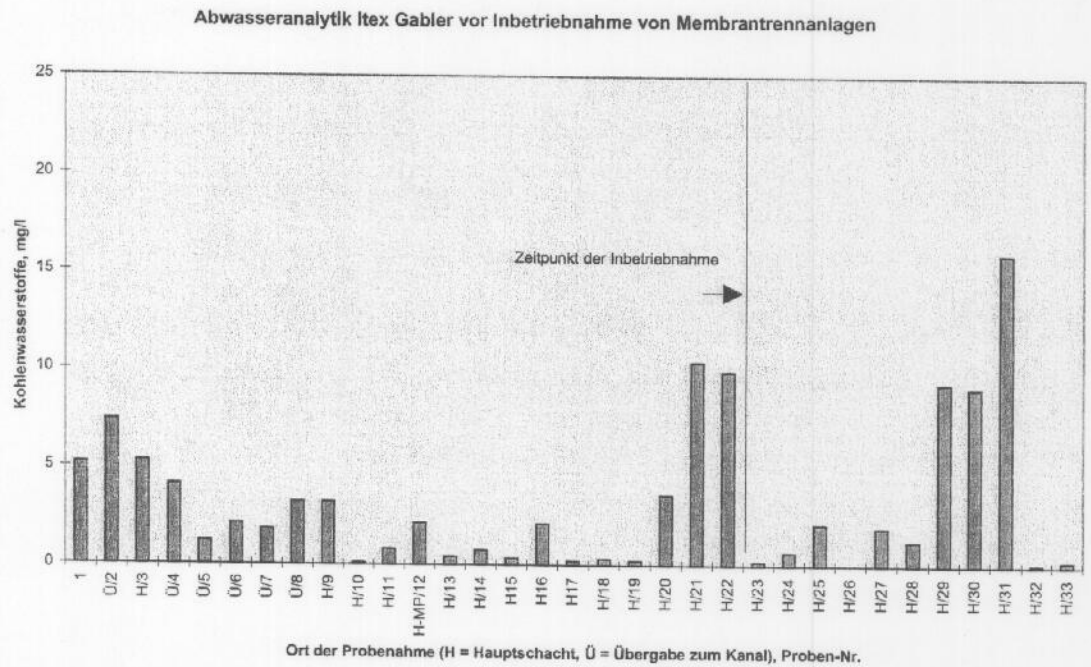


Bild 9 b: Kohlenwasserstoffe; Zuordnungswert lt. AbwV für Indirekt-einleitung = 20 mg/l.

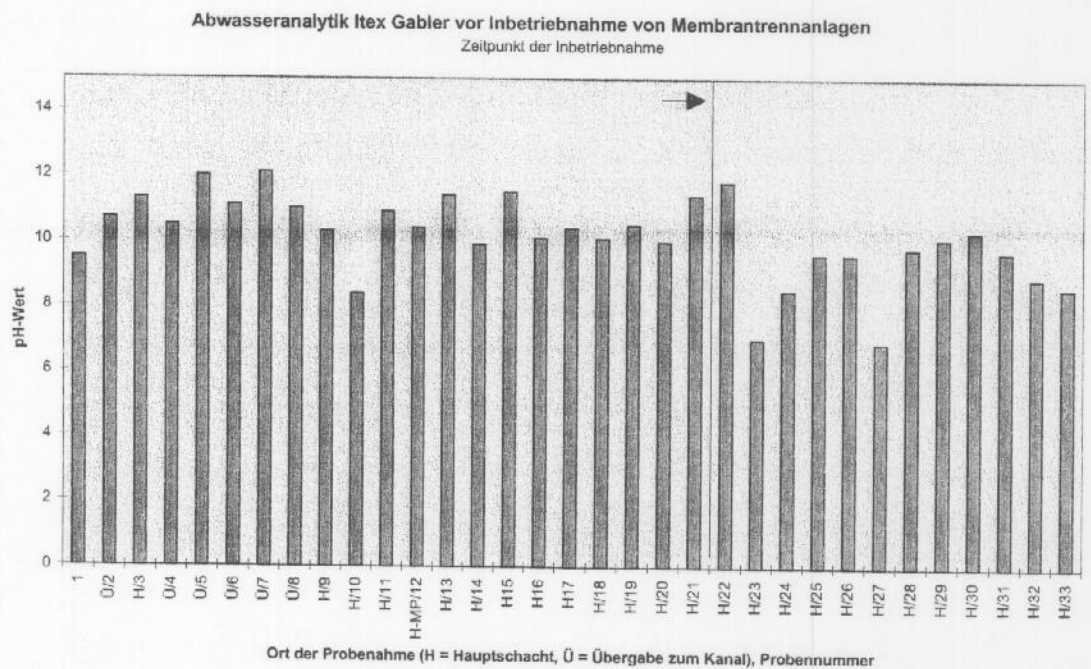


Bild 9 c: pH-Wert; kein Zuordnungswert lt. AbwV

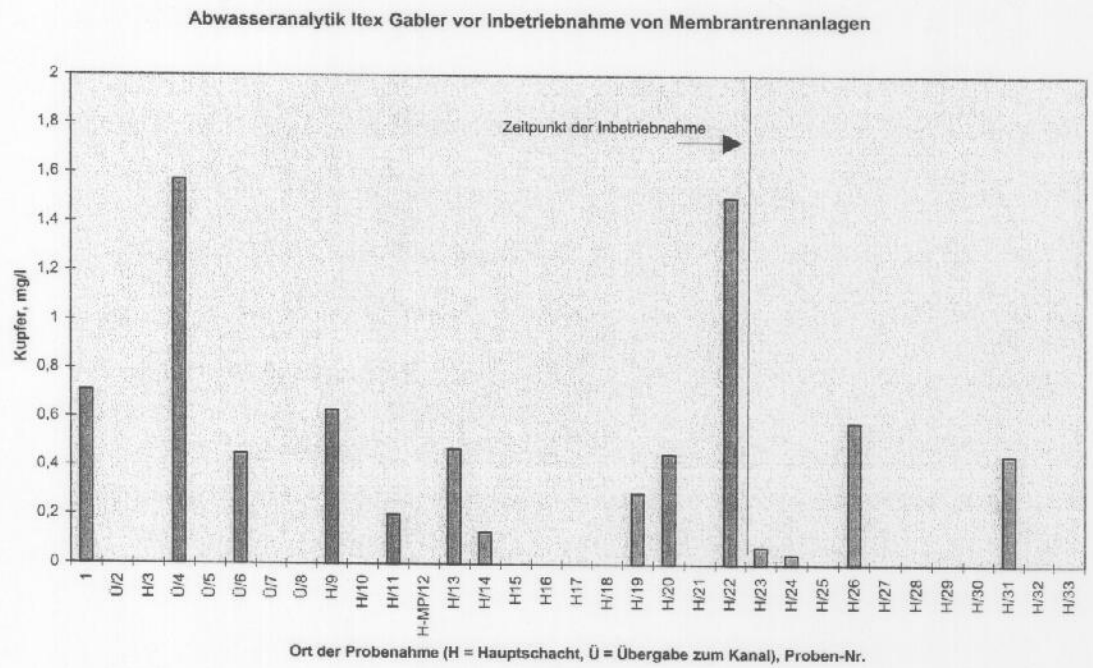


Bild 9 d: Kupfer; Zuordnungswert lt. AbwV für Indirekteinleitung = 0,5 mg/l.

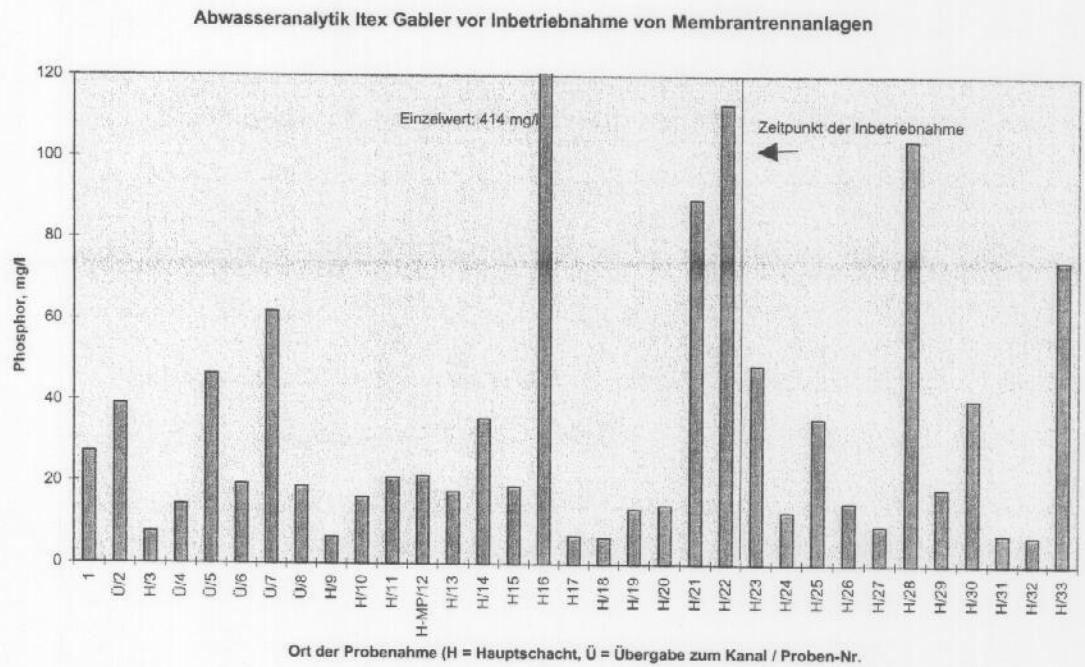


Bild 9 e: Phosphor gesamt; kein Zuordnungswert lt. AbwV für Indirekteinleitung

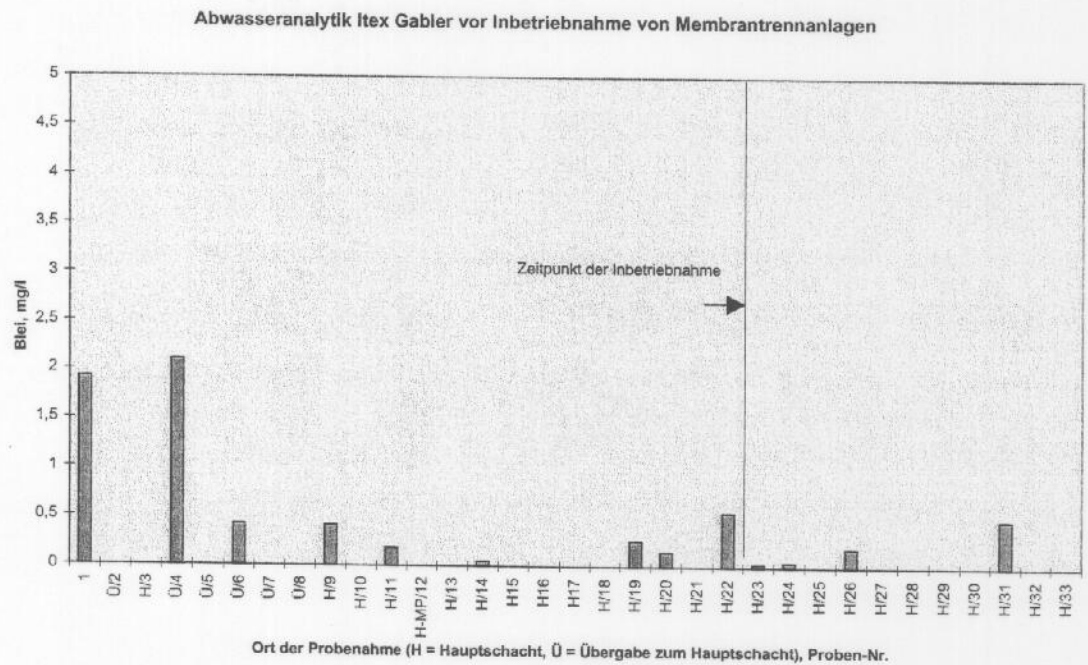


Bild 9 f: Blei; Zuordnungswert lt. AbwV für Indirekteinleitung = 0,5 mg/l.

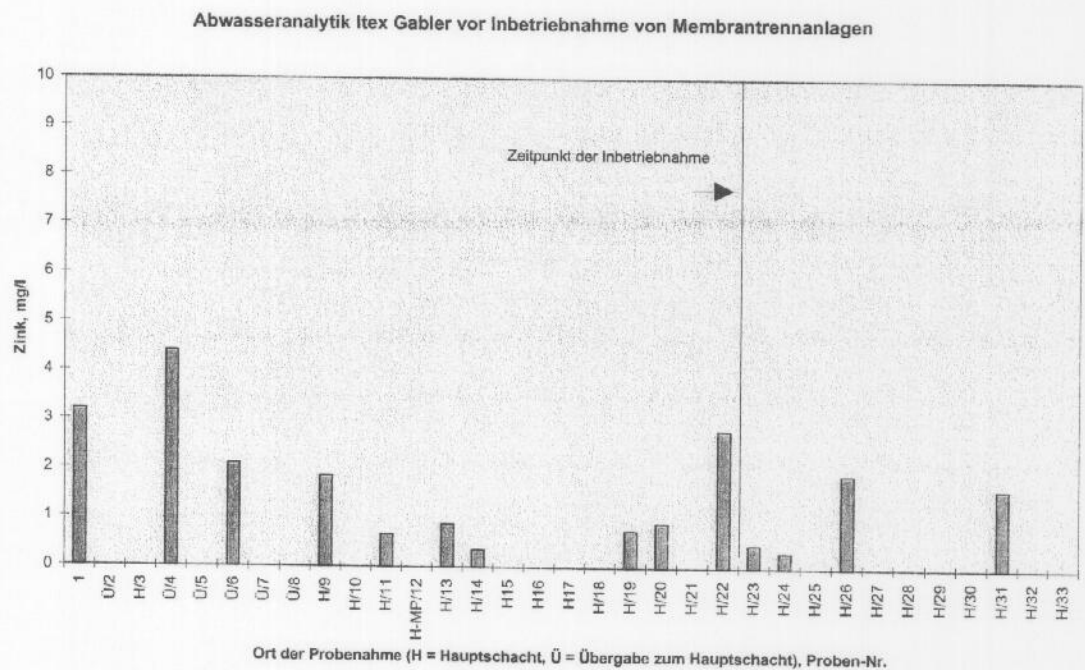


Bild 9 e: Zink; Zuordnungswert lt. AbwV für Indirekteinleitung = 2 mg/l.

Seit der Inbetriebnahme sind gemäß diesen Untersuchungen die Zuordnungswerte für AOX z. T. überschritten. Dies ist möglicherweise mit der seit jeher zum *Bleichen* und seit Inbetriebnahme der Anlage auch zum *Desinfizieren* verwendeten Chlorbleichlauge zu begründen. Wegen der vergleichsweise geringen eingesetzten Mengen zum Desinfizieren ist der Anstieg von AOX im Abwasser wahrscheinlich auch auf die verringerte Abwassermenge wegen der Kreislaufführung der Prozesswässer zurückzuführen. Die bereits früher (Vorversuche von Kunze, erste Probenahme seitens FGK im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung) nachgewiesene Verringerung von AOX im Prozesswasser durch die Membrantrennverfahren kann diese Anreicherung durch Aufkonzentrieren nicht immer ausgleichen. Über alternative Desinfektionsmethoden (z. B. UV-Lampen) wird derzeit seitens ITEX Gaebler nachgedacht.

Vor der Inbetriebnahme überschritten Kupfer, Blei und Zink gelegentlich die Zuordnungswerte, nach der Inbetriebnahme (mit einer Ausnahme beim Kupfer) nicht mehr. Die Verringerung dieser Parameter im Abwasser ist auf die Effektivität der Membrantrenntechnik zurückzuführen. In diesen Fällen überwiegt die Reinigungsleistung der Anlage gegenüber der Aufkonzentrierung aufgrund verringerter Abwassermengen. Da die Schwermetallgehalte im Prozesswasser vor allem auf Verschmutzungen aus der Wäsche beruhen, kann die Verringerung von Schwermetallen im Abwasser außerdem auf die zufällige Verringerung solcherart verschmutzter Wäsche zurückzuführen sein.

Phosphor, resultierend aus den eingesetzten Waschmitteln, überschreitet vor und nach der Inbetriebnahme den Zuordnungswert für Direkteinleitung von 2 mg/l. Letzterer ist jedoch gemäß AbwV, Anhang 55 nicht einzuhalten, da ITEX Gaebler Indirekteinleiter ist. Der Wert wird für die Eigenüberwachung lediglich routinemäßig mitgemessen.

Der pH-Wert ist seit Inbetriebnahme etwas gesunken; dies ist auf das Ansäuern des NF-Permeates mit Essigsäure zurückzuführen.

Analytik nach Abschluss der Optimierung im Abwasser:

Nach Abschluss der Optimierungsschritte wurde am 8. Juni 2001 eine qualifizierte Abwasserstichprobe als Mischprobe vom FGK entnommen. Hiermit sollte überprüft werden, ob bei kontinuierlichem Betrieb der Reinigungsanlage die in der Abwasserverordnung vorgegebenen Anforderungen an das Wasser bei Übergabe in die Kanalisation eingehalten werden. Die Probenahme erfolgte im Schacht vor dem Zusammenfließen der Prozessabwässer mit den sanitären Abwässern mittels Schöpfstange: während einer

Gesamtdauer von ca. 30 min wurden insgesamt etwa 60 Einzelproben entnommen à ca. 0,3 l und zu einer Mischprobe vereinigt (1 Eimer à 10 l, 1 Eimer à ca. 8 l). Etwa die Hälfte der Gesamtprobe entstammte aus dem Behälter B 07 (Sammelbehälter, 9 m³ für Rohwasser MF-B, d. h. hier wird das aus der Blauwäsche stammende Waschwasser für die Reinigung mittels MF gesammelt. Bei geringerem Bedarf an Permeat aus MF-B (d. h. z. B. nach Regenereignissen) wird dieser Behälter automatisch abhängig vom Pegelstand in die Abwasserleitung gepumpt. Die andere Hälfte der Probe entstammte verschiedenen Quellen (vgl. Abb. 3).

Aus der resultierenden Gesamtmischprobe wurde eine repräsentative Teilprobe entnommen und zur Konservierung und Analytik sofort ins FGK geliefert. Die Ergebnisse sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tab. 4: Analyseergebnisse der qualifizierten Stichprobe (Mischprobe) von Abwasser vor dem Vermischen mit sanitärem Abwasser.

Parameter	mg/l	Zuordnungswert für Indirekteinleitung nach AbwV [mg/l]
<i>Indirekteinleitung</i>		
Arsen	0,018	0,1
Blei	0,21	0,5
Cadmium	0,012	0,1
Chrom	0,099	0,5
Kupfer	0,42	0,5
Nickel	0,11	0,5
Quecksilber	< 0.0002	0,05
Zink	1,4	2
Kohlenwasserstoffe _{ges.}	3,13	20
AOX	0,34	2
<i>weitere Parameter:</i>		
Abf. Stoffe	398,0	
pH-wert	8,20	

In dieser qualifizierten Stichprobe liegen die Werte sämtlicher Parameter unterhalb der Zuordnungswerte gemäß AbwV.

6. Zusammenfassung/Ausblick

Reinigungsleistung:

Nach umfassender Optimierung der Anlage ist die Leistung der Anlage kontinuierlich und mit Hilfe der angepassten Sonderspülmethodik sehr zufriedenstellend.

Die Vorreinigung von Schmutzwässern vor dem Passieren von Membrantrennanlagen wird von vielen Anlagenherstellern bei Angebotserstellung vernachlässigt; Nachrüstung wie im vorliegenden Fall ist die Folge, die für den Anlagenbetreiber mit zusätzlichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Ebenso wird von Anlagenherstellern häufig der Vorversuchsphase zuwenig Bedeutung zugemessen; es sollte bei neuen Anlagenkonzepten darauf geachtet werden, dass ausführliche Versuche an Versuchsanlagen mit Prozesswässern über mehrere Wochen im Betrieb durchgeführt werden. Nur dann kann die Eignung der Module in Bezug auf die Prozesswasserinhaltsstoffe sicher festgestellt werden. Geeignete Reinigungsprozesse können dann ebenfalls bereits im Vorfeld ermittelt werden, sodass der Firma, die die Anlage betreibt, weitere Kosten wegen notwendiger nachträglicher Optimierungsschritte erspart bleiben könnten. Dieses Problem ist jedoch nicht Aufgabe der Anlagenbetreiber, sondern der Anlagenhersteller und kann nicht generell gelöst werden.

Schadstoffe

Ein Aufkonzentrieren von Schadstoffen aufgrund der verringerten Abwassermenge ist nicht festzustellen. Dies ist mit der Reinigung durch die Membrantrenntechnik begründbar. Die AOX-Zunahme ist nicht auf das Aufkonzentrieren durch Kreislaufführung, sondern auf den erhöhten Einsatz von Chlorbleichlauge zurückzuführen. Als Alternative wird UV-Entkeimung vorgeschlagen.

Wasserbilanz:

Um verlässliche Aussagen über die aus der Kreislaufführung resultierende Recyclingquote zu ermöglichen, ist außer der Frischwassermenge die Erfassung folgender Daten mit Wasseruhren Voraussetzung:

- Abwasser-/Schlammmenge
 - Regenwassermenge
 - Menge an bei der Wäschetrocknung verdampftem Wasser
-

Anhand des Frischwasserverbrauchs in regenreichen und regenarmen Zeiten kann jedoch heute schon gesagt werden, dass der Wasserverbrauch um etwa 2/3 reduziert wurde. Demnach ist ebenfalls die Abwassermenge deutlich gesunken.

Über eine Rückgewinnung des bei der Wäschetrocknung verdampften Wassers wurde diskutiert. Nach Berechnung der entsprechenden rückgewinnbaren Wassermenge zeigte sich jedoch, dass dies wirtschaftlich nicht vertretbar ist: etwa 350 g Wasser pro kg Wäsche werden durchschnittlich verdampft. Bei einer durchschnittlichen Wäschemenge von 1500 t/a würde dies eine rückgewinnbare Wassermenge von 52,5 m³ pro Jahr bedeuten, die die Anschaffung einer Rückgewinnungsanlage nicht rechtfertigt.

Qualitätssicherung am Reinwasser bzw. Permeat

Als realitätsnaher Weg zur Beurteilung der Waschqualität bei Kreislaufführung der Prozesswässer wird die regelmäßige Überprüfung von Teststreifen gemäß DIN 5033 durchgeführt. Die Messung von Leitparametern wie pH-Wert, Leitfähigkeit oder von Tensidrestgehalten im gereinigten Wasser hat sich als unsicher in Bezug auf die Übertragung der Messwerte auf das Waschergebnis herausgestellt, da diese Parameter durch weitere Eigenschaften außer dem Waschmittelrestgehalt beeinflusst werden. Die Überprüfung von Teststreifen wird von ITEX Gaebler derzeit weiter verfolgt, um Erfahrungen zur Aussagekraft der Methode zu sammeln.

Energie

- Wegen des Mehrverbrauchs durch die Anlage konnten die Stromkosten von vorher 16-18 Pfennig/kWh auf 8 Pf/kWh gesenkt werden; die Grundgebühr wird jedoch erhöht. Insgesamt ist damit zu rechnen, dass die Stromkosten etwa konstant bleiben. Eine Kraft-Wärme-Kopplung wäre zwar interessant, ist derzeit jedoch nicht wirtschaftlich.
- Eine Energieersparnis durch das Recycling erfolgt bereits dadurch, dass die gereinigten Wässer bei Temperaturen zwischen 30 und 40°C eingesetzt werden können. Dies macht sich im verringerten Ölverbrauch bemerkbar (von ca. 0,17 auf 0,13 Liter Öl pro Kilogramm Wäsche).
- Die Wärmeenergie des bei der Trocknung verdampften Wassers könnte theoretisch zurückgewonnen werden; wegen der zu geringen Menge an

verdampftem Wasser ist dies jedoch wie bei der Rückgewinnung des verdampften Wassers wirtschaftlich nicht vertretbar.

- An der Wasserreinigungsanlage entsteht Prozesswärme, die derzeit über einen Entlüftungsventilator mit ca. 2000 m³/h und einer Durchschnittstemperatur von 35 °C an die Umwelt abgegeben wird (Raumgröße: 300 m³). Mit einem Wärmerücktauscher könnte diese Energie z. B. für die Wäschetrocknung genutzt werden.

Fa Itex Gaebler ist mit dem bisher erreichten Ausmaß an wiederverwendetem Permeat im Vergleich zu anderen Wäschereien führend (Wasserverbrauch bei 5-8 l/kg gewaschener Ware). Dies ist vor allem auf die Qualität des nanofiltrierten Permeats zurückzuführen. Die Verringerung der einzusetzenden Waschmittelmenge aufgrund der Wiederverwertung ist ein weiterer Aspekt, der in Zukunft von Itex Gaebler noch weiter optimiert wird.

7. Schlusswort

Die wissenschaftliche Begleitung für das angeführte Projekt wurde unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlich-technischer Erkenntnisse sorgfältig nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt.



Dr. Ralf Diedel

Höhr-Grenzhausen, den 28. Juni 2001/kn



i. A. Rita Knodt